नि० ग्लीनका

सामान्य रसायन - प्रश्न और अभ्यास

ABLE OF THE ELEMENTS

elements

VI	VII	VIII		
	H 1 1.0079 $1s^1$ Hydrogen 1			**He** 2 4.00280 $1s^2$ Helium 2
O 8 15.999_4 $2p^4$ Oxygen 6 2	**F** 9 18.998403 $2p^5$ Fluorine 7 2			**Ne** 10 20.17_9 $2p^6$ Neon 8 2
S 16 32.06 $3p^4$ Sulphur 6 8 2	**Cl** 17 35.453 $3p^5$ Chlorine 7 8 2			**Ar** 18 39.94_8 $3p^6$ Argon 8 8 2
Cr 24 51.996 $3d^5 4s^1$ Chromium 1 13 8 2	**Mn** 25 54.9380 $3d^5 4s^2$ Manganese 2 13 8 2	**Fe** 26 55.84_7 $3d^6 4s^2$ Iron 2 14 8 2	**Co** 27 58.9332 $3d^7 4s^2$ Cobalt 2 15 8 2	**Ni** 28 58.70 $3d^8 4s^2$ Nickel 2 16 8 2
Se 34 78.9_6 $4p^4$ Selenium 6 18 8 2	**Br** 35 79.904 $4p^5$ Bromine 7 18 8 2			**Kr** 36 83.80 $4p^6$ Krypton 8 18 8 2
Mo 42 95.94 $4d^5 5s^1$ Molybdenum 1 13 18 8 2	**Tc** 43 98.9062 $4d^5 5s^2$ Technetium 2 13 18 8 2	**Ru** 44 101.0_7 $4d^7 5s^1$ Ruthenium 1 15 18 8 2	**Rh** 45 102.9055 $4d^8 5s^1$ Rhodium 1 16 18 8 2	**Pd** 46 106.4 $4d^{10} 5s^0$ Palladium 0 18 18 8 2
Te 52 127.6_0 $5p^4$ Tellurium 6 18 18 8 2	**I** 53 126.9045 $5p^5$ Iodine 7 18 18 8 2			**Xe** 54 131.30 $5p^6$ Xenon 8 18 18 8 2
W 74 183.8_5 $5d^4 6s^2$ Tungsten 2 12 32 18 8 2	**Re** 75 186.207 $5d^5 6s^2$ Rhenium 2 13 32 18 8 2	**Os** 76 190.2 $5d^6 6s^2$ Osmium 2 14 32 18 8 2	**Ir** 77 192.2_2 $5d^7 6s^2$ Iridium 2 15 32 18 8 2	**Pt** 78 195.0_9 $5d^8 6s^2$ Platinum 1 17 32 18 8 2
Po 84 209 $6p^4$ Polonium 6 18 32 18 8 2	**At** 85 [210] $6p^5$ Astatine 7 18 32 18 8 2			**Rn** 86 [222] $6p^6$ Radon 8 18 32 18 8 2

Key: **U** 92 (Atomic number); 238.02_9 (Atomic mass); $5f^3 6d^1 7s^2$ (Distribution of electrons by unfilled and following completed sublevels); Uranium; 2 9 21 32 18 8 2 (Distribution of electrons by levels)

Atomic masses conform with the International Table of 1977. The accuracy of the last significant digit is ±1 or ±3 if it is set in small type. The numbers in brackets are the mass numbers of the most stable isotopes. The names and symbols of elements in parentheses are not generally adopted.

Tb 65 158.9254 $4f^9 6s^2$ Terbium 2 8 27 18 8 2	**Dy** 66 162.5_0 $4f^{10} 6s^2$ Dysprosium 2 8 28 18 8 2	**Ho** 67 164.930_4 $4f^{11} 6s^2$ Holmium 2 8 29 18 8 2	**Er** 68 167.2_6 $4f^{12} 6s^2$ Erbium 2 8 30 18 8 2	**Tm** 69 168.9343 $4f^{13} 6s^2$ Thulium 2 8 31 18 8 2	**Yb** 70 173.0_4 $4f^{14} 6s^2$ Ytterbium 2 8 32 18 8 2	**Lu** 71 174.96_7 $5d^1 6s^2$ Lutetium 2 9 32 18 8 2
Bk 97 [247] $5f^8 6d^1 7s^2$ Berkelium 2 8 27 32 18 8 2	**Cf** 98 [251] $5f^{10} 7s^2$ Californium 2 8 28 32 18 8 2	**Es** 99 [254] $5f^{11} 7s^2$ Einsteinium 2 8 29 32 18 8 2	**Fm** 100 [257] $5f^{12} 7s^2$ Fermium 2 8 30 32 18 8 2	**Md** 101 [258] $5f^{13} 7s^2$ Mendelevium 2 8 31 32 18 8 2	**(No)** 102 [255] $5f^{14} 7s^2$ (Nobelium) 2 8 32 32 18 8 2	**(Lr)** 103 [256] $6d^1 7s^2$ (Lawrencium) 2 9 32 32 18 8 2

Н. Я. ГЛИНКА

ЗАДАЧИ И УПРАЖНЕНИЯ ПО ОБЩЕЙ ХИМИИ

ЛЕНИНГРАД «ХИМИЯ»

नि० ग्लीनका

सामान्य रसायन-प्रश्न और अभ्यास

विषय-सूची

प्रस्तावना

प्रोफेसर निकोलाई ग्लीनका की प्रस्तुत पुस्तक "सामान्य रसायन: प्रश्न और अभ्यास" कई सालों से सोवियत संघ के स्कूलों तथा उच्च शिक्षा-संस्थानों के विद्यार्थियों और रसायन के अध्यापकों की प्रिय पुस्तक बनी हुई है। पुस्तक की लोकप्रियता का प्रमुख कारण यह है कि इसमें अभ्यासों का चयन अत्युत्तम है और प्रश्नों से पहले तत्संबंधी विषय की संक्षिप्त और सुस्पष्ट व्याख्या दी गयी है। पुस्तक का महत्व इस बात से और भी अधिक बढ़ता है कि इसके अभ्यास प्रोफेसर ग्लीनका की ही सुप्रसिद्ध पाठ्य-पुस्तक – सामान्य रसायन – पुस्तक 1,2 के अध्यायों के अनुरूप बनाये गये हैं। इस पाठ्य-पुस्तक का हिन्दी अनुवाद मीर प्रकाशन ने सन् 1984 में छापा है।

इस अभ्यास-पुस्तिका के रूसी में अब तक चौबीस संस्करण निकल चुके हैं। स्वर्गीय प्रोफेसर ग्लीनका ने 1964 में तेरहवें संस्करण के लिये इसमें संशोधन किये थे। इसके बाद के वर्षों में रसायन-विज्ञान के विकास तथा स्कूलों और उच्च शिक्षा-संस्थानों के पाठ्यक्रमों में परिवर्तनों को देखते हुए पुस्तक में भी बहुत से संशोधन करना आवश्यक हो गया। यह काम निम्नलिखित विद्वानों ने किया: अध्याय 2 ता. अलेक्सेयेवा, पी एच. डी. ने, अध्याय 3, 4, 9 – ना० प्लातुनोवा, पी एच. डी. ने, अध्याय 5 – रूबिना, पी एच. डी. व रबिनोविच, पी एच. डी. ने, अध्याय 8 – ख्रोपुनोवा, पी एच. डी. व रबिनोविच, पी एच. डी. ने। ता. अलेक्सेयेवा ने अध्याय 1 और 10, रूबिना ने अध्याय 6 और 7 तथा प्लातुनोवा व अलेक्सेयेवा ने अध्याय 11 संशोधित तथा संपूरित किये हैं।

पारस्परिक प्रश्नों तथा अभ्यासों के अलावा पुस्तक में कई परिच्छेदों में विद्यार्थियों के ज्ञान की परीक्षा के लिये प्रश्न दिये गये हैं, जिसके आधार पर विद्यार्थी विषय के बारे में अपने ज्ञान की जांच कर सकता है। हर प्रश्न के अंत में कई सारे उत्तर दिये गये हैं जिनमें से एक या एकाधिक सही उत्तरों को ढूंढ़ना है। कई प्रश्नों में उत्तर की पुष्टि करनी चाहिये जिसके लिये अभ्यास में दिये गये उदाहरणों में सही उत्तर ढूंढना चाहिये। अगर छात्र द्वारा चुना गया उत्तर पुस्तिका के अंत में दिये गये उत्तर से पूर्णतया या आंशिक रूप से नहीं मिलता है तो इसका अर्थ यह है कि विद्यार्थी को उस परिच्छेद के आरंभ में दी गयी व्याख्या फिर से पढ़नी चाहिये या पाठ्य-पुस्तक की सहायता लेनी चाहिये।

इस संस्करण को तैयार करते समय लेखकों तथा संपादकों ने प्रोफेसर ग्लीनका की मूल पुस्तक की शैली तथा खूबियों को बनाये रखने का प्रयास किया है, साथ ही इस बात का भी ध्यान रखा है कि इस पुस्तक का स्वरूप प्रोफेसर ग्लीनका की पुस्तक "सामान्य रसायन" के अंतिम संस्करणों के साथ मेल खाये। हम अपने पाठकों— अध्यापकों तथा विद्यार्थियों—के सुझावों के लिये बहुत आभारी होंगे, इससे पुस्तक को सुधारने में सहायता मिलेगी।

लेखकगण प्रोफेसर लुचीन्स्की तथा डा० गोलब्राईख के बहुत आभारी हैं जिनके सुझाव और विचार पुस्तक के संशोधन में सहायक रहे।

व० रबिनोविच
खे० रूबिना

अध्याय 1

साधारण रससमीकरणमितीय गणनाएं

1. तुल्य. तुल्यता नियम

किसी तत्व का तुल्य उसकी उस मात्रा को कहते हैं जो हाइड्रोजन के परमाणुओं के एक मोल के साथ संयुक्त होती है या रासायनिक अभिक्रियाओं में हाइड्रोजन परमाणुओं की उसी संख्या का स्थान ले लेती है।

किसी तत्व के एक तुल्य का द्रव्यमान उसका तुल्य द्रव्यमान कहलाता है।

उदाहरण 1. यौगिकों HBr, H_2O और NH_3 में तत्वों के तुल्य तथा तुल्य द्रव्यमान ज्ञात करें।

हल. ऊपर दिये गये यौगिकों में ब्रोमीन परमाणुओं का 1 मोल, आक्सीजन परमाणुओं का $\frac{1}{2}$ मोल तथा नाइट्रोजन परमाणुओं का $\frac{1}{3}$ मोल हाइड्रोजन परमाणुओं के 1 मोल के साथ मिलता है। अत: परिभाषा के अनुसार ब्रोमीन, आक्सीजन तथा नाइट्रोजन के तुल्य 1 मोल, $\frac{1}{2}$ मोल तथा $\frac{1}{3}$ मोल के बराबर होंगे। इन तत्वों के परमाणुओं के मोलीय द्रव्यमान यह बताते हैं कि ब्रोमीन का तुल्य द्रव्यमान 79.9 g/mol, आक्सीजन का $16 \times \frac{1}{2} = 8$ g/mol तथा नाइट्रोजन का $14 \times \frac{1}{3} = 4.67$ g/mol होगा।

किसी तत्व का तुल्य या तुल्य द्रव्यमान ज्ञात करने के लिये उसके हाइड्रोजन यौगिक को लेना जरूरी नहीं है। निर्दिष्ट तत्व का तुल्य (तुल्य द्रव्यमान) किसी दूसरे तत्व के साथ उसके यौगिक की संरचना के आधार पर कलित किया जा सकता है, अगर उसका तुल्य ज्ञात है।

उदाहरण 2. जब 5.6 ग्राम लोहा सल्फर के साथ मिलाया गया, तब 8.8 ग्राम फेरस सल्फाइड प्राप्त हुआ। फेरस E_{Fe} का तुल्य द्रव्यमान तथा तुल्य ज्ञात करें, अगर यह पता हो कि सल्फर का तुल्य द्रव्यमान 16 g/mol के बराबर होता है।

हल. उदाहरण के आंकड़े यह बताते हैं कि फेरस सल्फाइड में 5.6 ग्राम फेरस और $8.8-5.6=3.2$ ग्राम सल्फर है। तुल्यता नियम के अनुसार एक दूसरे के साथ प्रतिक्रिया करने वाले पदार्थों के द्रव्यमान उनके तुल्य द्रव्यमानों के आनुपातिक होते हैं। अत:

5.6 ग्राम फेरस 3.2 ग्राम सल्फर के बराबर होगा,

E_{Fe} g/mol फेरस 16 g/mol सल्फर के बराबर होगा,

जिससे स्पष्ट है: $E_{Fe} = \frac{5.6 \times 16}{3.2} = 28$ g/mol

फेरस के परमाणुओं का मोलीय द्रव्यमान संख्यात्मक रूप से इसके सापेक्षिक मोलीय द्रव्यमान (56 g/mol) से मिल रहा है। चूंकि फेरस का तुल्य द्रव्यमान (28 g/mol) उसके परमाणुओं के मोलीय द्रव्यमान के मान का आधा है, अत: फेरस के एक मोल में दो तुल्य होते हैं। अत: फेरस का तुल्य $\frac{1}{2}$ मोल के बराबर हुआ।

तुल्यता नियम के आधार पर यौगिकों के तुल्य द्रव्यमान ज्ञात करने के लिये निम्न सूत्र बनाये जा सकते हैं:

$$E_{\text{आक्साइड}} = \frac{M_{\text{आक्साइड}}}{\text{तत्व के परमाणुओं की संख्या} \times \text{तत्व की संयोजकता}}$$

$$E_{\text{अम्ल}} = \frac{M_{\text{अम्ल}}}{\text{अम्ल का भस्म}}\,*$$

---

*किसी भी अम्ल की भस्मता प्रोटोनों की उस संख्या से निर्धारित होती है जो भस्म के साथ अम्ल की अभिक्रिया के समय उसके अणु से प्राप्र होती है।

$$E_{\text{भस्म}} = \frac{M_{\text{भस्म}}}{\text{भस्म की अम्लता *}}$$

$$E_{\text{लवण}} = \frac{M_{\text{लवण}}}{\text{धातु के परमाणुओं की संख्या} \times \text{धातु की संयोजकता}}$$

यहां M यौगिक का मोलीय द्रव्यमान है।

उदाहरण 3. एक विलयन में 8 ग्राम NaOH उपस्थित है। ज्ञात करें कि इस विलयन को सल्फ्यूरिक अम्ल द्वारा उदासीन करने से प्राप्त सोडियम हाइड्रोजन सल्फेट का द्रव्यमान कितना होगा?

हल. हम सोडियम हाइड्रोक्साइड का तुल्य द्रव्यमान ज्ञात कर सकते हैं: $E_{NaOH} = M_{NaOH}/1 = 40$ g/mol

अत: NaOH के 8 g NaOH के तुल्य द्रव्यमान का $\frac{8}{40} = 0.2$ भाग बनाते हैं। तुल्यता नियम के अनुसार प्राप्त लवण का द्रव्यमान भी इसके तुल्य द्रव्यमान का 0.2 भाग होता है।

अब हम लवण का तुल्य द्रव्यमान ज्ञात कर सकते हैं: $E_{(NaHSO_4)}{}^{**} = M_{(NaHSO_4)}/1 = 120$ g/mol। प्राप्त सोडियम हाइड्रोजन सल्फेट का द्रव्यमान $120 \times 0.2 = 24$ ग्राम हुआ।

गैसीय अभिकारकों के आयतनों संबंधी प्रश्नों को हल करते समय तुल्य आयतन के मान का इस्तेमाल करना उचित रहता है।

तुल्य आयतन उस आयतन को कहते हैं जो दी गयी परिस्थितियों में विचाराधीन पदार्थ के एक तुल्य के बराबर होता है। गैसीय अवस्था में स्थित पदार्थ का तुल्य आयतन ज्ञात किया जा सकता है अगर हमें यह याद हो कि एकपरमाणुक अणु वाली किसी भी गैस के मोलीय आयतन में परमाणुओं का एक मोल होता है, द्विपरमाणुक

---

*किसी भी क्षार की अम्लता अणु के प्रोटोनों की संख्या द्वारा निर्धारित होती है जो अम्ल के साथ अणु की अभिक्रिया के समय उसके साथ संयुक्त होते हैं।

**आगे चलकर हम रासायनिक सूत्र (उदाहरणार्थ) E_{NaHSO_4} को इस तरह लिखेंगे: $E_{(NaHSO_4)}$.

अणु वाली गैस के मोलीय आयतन में परमाणुओं के दो मोल होते हैं, इत्यादि। उदाहरणतया, सामान्य परिस्थितियों में (मानक ताप तथा दाब) 22.4 लीटर H_2 में हाइड्रोजन परमाणुओं के दो मोल उपस्थित होते हैं। चूंकि हाइड्रोजन का तुल्य एक मोल होता है, अत: 22.4 लीटर H_2 में दो हाइड्रोजन तुल्य होते हैं, अर्थात हाइड्रोजन का तुल्य आयतन 22.4/2 = 11.2 लीटर मोल हुआ।

उदाहरण 4. किसी धातु का तुल्य द्रव्यमान 28 g/mol है। इसकी एक निश्चित मात्रा सामान्य परिथितियों में अम्ल से 0.7 लीटर हाइड्रोजन विस्थापित करती है। धातु का द्रव्यमान कलित करे।

हल. हम यह जानते हैं कि हाइड्रोजन का तुल्य आयतन 11.2 l/mol होता है। इसके आधार पर हम निम्न अनुपात बताते हैं: 28 ग्राम धातु 11.2 लीटर हाइड्रोजन के तुल्य है। x ग्राम धातु 0.7 लीटर हाइड्रोजन के तुल्य है।

$$\text{अत}: X = \frac{0.7 \times 28}{11.2} = 1.75 \text{ ग्राम}$$

प्रश्न

1. किसी धातु की 5.00 ग्राम मात्रा के दहन से 9.44 ग्राम आक्साइड प्राप्त होता है। धातु का तुल्य द्रव्यमान ज्ञात करें।

2. किसी धातु की एक समान मात्रा 0.200 ग्राम आक्सीजन तथा 3.17 ग्राम हैलोजेन के साथ संयोजित होती है। हैलोजेन का तुल्य द्रव्यमान ज्ञात करें।

3. एक लीटर आक्सीजन का द्रव्यमान 1.4 ग्राम है। 21 ग्राम मैग्नीशियम के दहन के लिये कितने लीटर आक्सीजन की जरूरत पड़ेगी अगर मैग्नीशियम का तुल्य $\frac{1}{2}$ मोल है?

4. एक धातु तथा सल्फर के तुल्य द्रव्यमान ज्ञात कीजिये अगर 3.24 ग्राम धातु 3.48 ग्राम आक्साइड तथा 3.72 ग्राम सल्फाइड बनाती है।

5. अगर किसी द्विसंयोजक धातु की 8.34 ग्राम मात्रा सामान्य परिस्थिति में 0.680 लीटर आक्सीजन द्वारा उपचयित होती है, तो उस धातु का परमाणु द्रव्यमान कितना होगा? यह भी बताइये कि वह धातु कौनसी होगी।

6. आर्सेनिक दो आक्साइड बनाता है जिनमें से पहले में 65.2% As तथा दूसरे में 75.7% As उपस्थित है। दोनों आक्साइडों में आर्सेनिक के तुल्य द्रव्यमान ज्ञात कीजिये।

7. किसी धातु की 1.00 ग्राम मात्रा 8.89 ग्राम ब्रोमीन तथा 1.78 ग्राम सल्फर के साथ संयोजित होती है।

सल्फर का तुल्य द्रव्यमान 16.0 g/mol है। यह जानकर ब्रोमीन तथा धातु के तुल्य द्रव्यमानों का कलन करें।

8. क्लोरीन का तुल्य द्रव्यमान 35.5 g/mol है तथा कापर परमाणुओं का मोलीय द्रव्यमान 63.5 g/mol है। कापर क्लोराइड का तुल्य द्रव्यमान 99.5 g/mol है। कापर क्लोराइड का सूत्र क्या है?

9. किसी धातु की 16.8 ग्राम मात्रा को घोलने के लिये 14.7 ग्राम सल्फ्यूरिक अम्ल की आवश्यकता पड़ी। धातु का तुल्य द्रव्यमान तथा विस्थापित हाइड्रोजन का आयतन ज्ञात करें (सामान्य परिस्थितियों में)।

10. किसी धातु के आक्साइड की 1.80 ग्राम मात्रा के अपचयन के लिये 833 मिलीलीटर हाइड्रोजन की जरूरत पड़ी। (हाइड्रोजन सामान्य परिस्थितियों में नापा गया) आक्साइड तथा धातु के तुल्य द्रव्यमान ज्ञात कीजिये।

11. किसी धातु का तुल्य द्रव्यमान 27 g/mol है। इसकी एक निश्चित मात्रा एक अम्ल से सामान्य परिस्थितियों में नापा गया 700 मिलीलीटर हाइड्रोजन विस्थापित करती है। धातु का द्रव्यमान ज्ञात कीजिये।

12. 1.60 ग्राम कैल्सियम तथा 2.16 ग्राम जिंक एक अम्ल से हाइड्रोजन की एक समान मात्रा विस्थापित करते हैं। अगर कैल्सियम का तुल्य द्रव्यमान 20.0 g/mol है, तो जिंक का तुल्य द्रव्यमान कितना होगा?

13. सल्फ्यूरिक अम्ल तथा आर्थोफास्फोरिक अम्ल के आण्विक द्रव्यमान एक जैसे हैं। क्षार की एक समान मात्रा को उदासीन करने के लिये इन अम्लों के द्रव्यमानों का अनुपात क्या होगा अगर इन अभिक्रियाओं से सल्फेट तथा डाइहाइड्रो आर्थोफास्फेट प्राप्त हुए हों?

14. कापर दो ग्राक्साइड बनाता है। इसकी एक निश्चित मात्रा से पहले ग्राक्साइड की तुलना में दूसरा ग्राक्साइड बनाने के लिये दोगुना ग्रधिक ग्राक्सीजन की जरूरत पड़ी। पहले ग्रौर दूसरे ग्राक्साइड में कापर की संयोजकताग्रों में क्या ग्रनुपात होगा?

15. जब ग्रार्थोफास्फोरिक ग्रम्ल की एक क्षार के साथ ग्रभिक्रिया करायी गयी तो लवण Na_2HPO_4 प्राप्त हुग्रा। इस स्थिति में ग्रार्थोफास्फोरिक ग्रम्ल का तुल्य द्रव्यमान कितना होगा?

16. किसी ग्रम्ल की 2.45 ग्राम मात्रा को उदासीन करने के लिये 2.00 ग्राम सोडियम हाइड्रोक्साइड की जरूरत पड़ती है। उस ग्रम्ल का तुल्य द्रव्यमान ज्ञात करें।

17. किसी पदार्थ की 5.95 ग्राम मात्रा के साथ 2.75 ग्राम हाइड्रोजन क्लोराइड की ग्रभिक्रिया के फलस्वरूप 4.40 ग्राम लवण प्राप्त हुग्रा। उस पदार्थ तथा प्राप्त लवण के तुल्य द्रव्यमानों के मान ज्ञात कीजिये।

18. 0.376 ग्राम ऐलुमिनियम ने ग्रम्ल के साथ ग्रभिक्रिया करके सामान्य परिस्थितियों में नापे गये 0.468 लीटर हाइड्रोजन को विस्थापित कर दिया। यह जानकर कि ऐलुमिनियम का तुल्य द्रव्यमान 8.99 g/mol है, हाइड्रोजन का तुल्य ग्रायतन कलन करें।

ग्रपना ज्ञान परखिये

19. किसी तत्व का तुल्य किस बात पर निर्भर करता है?

(a) तत्व की संयोजकता पर (b) इसका मान हमेशा स्थिर रहता है।

20. नीचे दिये सूत्रों में से तुल्य नियम का सही सूत्र कौनसा है?

a) $\frac{m_1}{m_2} = \frac{E_2}{E_1}$; b) $m_1 E_2 = m_2 E_1$

21. फास्फोरस दो क्लोराइड बनाता है जिनकी संरचनाएं भिन्न होती हैं। इन यौगिकों में किस तत्व का तुल्य स्थिर रहता है?

(a) क्लोरीन (b) फास्फोरस

22. सामान्य परिस्थितियों के लिये ग्राक्सीजन ग्रौर हाइड्रोजन के तुल्य ग्रायतनों के सही मान चुन लीजिये :

(a) 11.2 लीटर ग्राक्सीजन तथा 22.4 लीटर हाइड्रोजन ;

(b) 11.2 लीटर ग्राक्सीजन तथा 11.2 लीटर हाइड्रोजन ;

(c) 5.6 लीटर ग्राक्सीजन तथा 11.2 लीटर हाइड्रोजन .

23. किसी धातु का तुल्य द्रव्यमान 12 g/mol है। इसके ग्राक्साइड का तुल्य द्रव्यमान कितना होगा ?

(a)24 g/mol; (b) इसे ज्ञात नहीं किया जा सकता ; c) 20 g/mol .

24. किसी धातु का तुल्य द्रव्यमान ग्राक्सीजन के तुल्य द्रव्यमान से दुगुना ग्रधिक है। धातु के ग्राक्साइड का द्रव्यमान धातु के द्रव्यमान से कितने गुना ज्यादा होगा ? (a) 1.5 गुना ; (b) 2 गुना (c) 3 गुना .

25. सल्फर दो क्लोराइड – S_2Cl_2 तथा SCl_2 बनाता है ; SCl_2 में सल्फर का तुल्य द्रव्यमान 16 g/mol है। S_2Cl_2 में सल्फर के तुल्य द्रव्यमान का सही मान बतायें :

(a) 8 g/mol (b) 16 g/mol (c) 32 g/mol.

26. क्या यौगिकों $CrCl_3$ तथा $Cr_2(SO_4)_3$ में क्रोमियम का तुल्य एक समान होता है ?

(a) हां (b) नहीं।

27. क्या यौगिकों $FeCl_2$ तथा $FeCl_3$ में फेरम का तुल्य द्रव्यमान एक समान होता है ?

(a) हां (b) नहीं।

2. मुख्य गैस नियम

किसी भी गैस की ग्रवस्था उसके तापमान, दाब तथा ग्रायतन द्वारा लक्षित होती है। ग्रगर किसी गैस का तापमान 0°C है तथा इसका दाब मानक वायुमंडलीय दाब (101.325 kPa या 760mm Hg) के बराबर है तो गैस की ऐसी परिस्थितियों को सामान्य परिस्थितियां कहते हैं। इन परिस्थितियों में गैस के ग्रायतन को V_0 द्वारा द्योतित करते हैं तथा दाब को P_0 द्वारा।

बायल-मेरियत के नियमानुसार स्थिर ताप पर गैस का दाब उसके आयतन के व्युत्क्रमानुपाती होता है :

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2} \text{ या } PV = \text{const.}$$

उदाहरण 1. किसी निश्चित तापमान पर एक गैस के तीन लीटर आयतन का दाब 93.3 kPa(700mm Hg) है। अगर तापमान में परिवर्तन लाये बिना गैस का आयतन घटाकर 2.8 लीटर कर दिया जाये, तो उस गैस का दाब कितना होगा?

हल. अज्ञात दाब को P_2 द्वारा द्योतित कर हम निम्न समीकरण लिख सकते हैं :

$$\frac{P_2}{93.3} = \frac{3}{2.8}$$

$$\text{अत :} \quad P_2 = \frac{93.3 \times 3}{2.8} = 100 \text{ kPa (750 mm Hg)}$$

गे-लुसाक नियम के अनुसार स्थिर दाब पर गैस का आयतन परम ताप (T) के अनुत्क्रमानुपाती होता है :

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ या } \frac{V}{T} = \text{const.}$$

उदाहरण 2. 27°C पर किसी गैस का आयतन 600 ml है। 57°C पर गैस का आयतन कितना होगा, अगर दाब स्थिर रहता है?

हल. अज्ञात आयतन को V_2 द्वारा द्योतित करते हैं तथा इसके संगत तापमान को T_2 द्वारा। उदाहरण के आंकड़ों के अनुसार

$$V_1 = 600 \text{ ml}, \quad T_1 = 273 + 27 = 300 \text{ K}$$

$$\text{तथा } T_2 = 273 + 57 = 330 \text{ K}$$

इन मानों को गे-लुसाक नियम के सूत्र में भर देते हैं :

$$\frac{600}{300} = \frac{V_2}{330}$$

$$\text{अर्थात्} \quad V_2 = \frac{600 \times 330}{300} = 660 \text{ ml}$$

स्थिर आयतन पर गैस का दाब परम ताप के अनुत्क्रमानुपाती होता है:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

उदाहरण 3. 15°C पर आक्सीजन के एक सिलिंडर में दाब 91.2×10^2 kPa है। कितने तापमान पर आक्सीजन का दाब 101.33×10^2kPa हो जायेगा?

हल. मान लेते हैं कि अज्ञात तापमान T_2 के बराबर है। आंकड़ों के अनुसार

$$T_1 = 273 + 15 = 288\ K \quad P_1 = 91.2 \times 10^2\ \text{kPa}$$
$$\text{तथा}\ P_2 = 101.33 \times 10^2\ \text{kPa}$$

इन मानों को पिछले समीकरण में भर देते हैं:

$$T_2 = \frac{101.33 \times 10^2 \times 288}{91.2 \times 10^2} = 320\ \text{K या } 47\ ^\circ\text{C}$$

किसी गैस के आयतन, दाब तथा ताप के बीच संबंध बायल तथा गे-लुसाक के नियमों को मिलाकर एक समीकरण द्वारा प्रस्तुत कर सकते हैं:

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0V_0}{T_0}$$

जहां P और V तापमान T पर गैस का दाब तथा आयतन हैं और P_0 तथा V_0 सामान्य परिस्थितियों में गैस का आयतन तथा दाब हैं।

इस समीकरण की सहायता से ऊपर दिये गये मानों में से किसी को भी ज्ञात किया जा सकता है अगर बाकी मान ज्ञात हों।

उदाहरण 4. 25°C ताप तथा 99.3kPa(745mm Hg) दाब पर किसी गैस की एक निश्चित मात्रा 152ml आयतन घेरती है। 0°C ताप तथा 101.33kPa दाब पर गैस की उतनी ही मात्रा का आयतन कितना होगा?

हल. उदाहरण के आंकड़ों को पिछले समीकरण में भर देते हैं:

$$V_0 = \frac{PVT_0}{P_0T} = \frac{99.3 \times 152 \times 273}{101.33 \times 298} = 136.5 \text{ ml}$$

प्रश्न

28. 17°C ताप पर किसी गैस की निश्चित मात्रा का आयतन 580ml है। 100°C पर गैस की उतनी ही मात्रा आयतन कितना होगा, अगर दाब स्थिर रहता है?

29. किसी गैस के 2.5 लीटर आयतन का दाब 121.6 kPa (912mm Hg) है। अगर ताप बदले बिना गैस को संपीडित करके उसका आयतन एक लीटर कर दिया जाये, तो उसका दाब कितना होगा?

30. O°C ताप पर एक बंद बर्तन में भरी गैस को कितने केल्विन तक गर्म किया जाये कि उसका दाब दुगुना हो जाये?.

31. 27°C ताप तथा 720mm Hg दाब पर किसी गैस का आयतन 5 लीटर है। 39°C ताप तथा 104kPa दाब पर उसका आयतन कितना होगा?

32. एक बंद बर्तन में 7°C पर किसी गैस का दाब 96.0kPa है। अगर बर्तन को −33°C तक शीतित किया जाये, तो गैस का दाब कितना होगा?

33. सामान्य परिस्थितियों में 1 ग्राम वायु का आयतन 773ml है। O°C ताप तथा 93.3kPa(700mm Hg) दाब पर उतनी ही वायु का आयतन कितना होगा?

34. एक बंद बर्तन में 12°C पर किसी गैस का दाब 100kPa (750mm Hg) है। अगर बर्तन को 30°C तक गर्म किया जाये, तो गैस का दाब कितना हो जायेगा?

35. 12 लीटर धारिता वाले स्टील के बने एक सिलिंडर में O°C ताप तथा 15.2MPa दाब पर आक्सीजन भर कर रखी गयी है। सामान्य परिस्थितियों में उस सिलिंडर से आक्सीजन का कितना आयतन प्राप्त किया जा सकेगा?

36. 15.2MPa दाब पर स्टील के सिलिंडर में भरे नाइट्रोजन का तापमान 17°C है। इस सिलिंडर में दाब का अधिकतम मानक

20.3MPa है। किस तापमान पर नाइट्रोजन का दाब उच्चतम सीमा तक पहुंच जायेगा?

37. किसी गैस की निश्चित मात्रा का 98.7 kPa दाब तथा 91°C तापमान पर आयतन 608ml है। सामान्य परिस्थिति में गैस का आयतन कितना होगा?

38. 1.28 ग्राम धातु जल के साथ अभिक्रिया करने पर 380ml हाइड्रोजन अलग हुआ जो 21°C ताप तथा 104.5kPa(784mm Hg) दाब पर नापा गया। इस धातु का तुल्य द्रव्यमान ज्ञात करें।

अपना ज्ञान परखिये

39. किसी गैस के द्रव्यमान में वृद्धि से उसके आयतन में भी वृद्धि न आने देने के लिये परिस्थितियों में क्या परिवर्तन लाने चाहिये?

(a) ताप घटाया जाये (b) दाब बढ़ाया जाये (c) जरूरी परिस्थितियों का चुनाव असंभव है।

40. गैसों के कौनसे तापमान और दाब के मान सामान्य परिस्थितियों के अनुकूल हैं?

(a) $t = 25°C$, $P = 760$ mm Hg;
(b) $t = 0°C$, $P = 1.013 \times 10^5$ Pa;
(c) $t = 0°C$, $P = 760$ mm Hg.

3. गैस का आंशिक दाब

मिश्रण में गैस का आंशिक दाब वह दाब है जो मिश्रण में उपस्थित उस गैस का आयतन उन्हीं भौतिक परिस्थितियों में सम्पूर्ण गैसीय मिश्रण के आयतन के बराबर होता।

उदाहरण 1. एक समान दाब 100 kPa (750mm Hg) पर 2 लीटर O_2 तथा 4 लीटर SO_2 को मिलाया जाता है; मिश्रण का आयतन 6 लीटर है। मिश्रण में गैसों का आंशिक दाब ज्ञात करें।

हल. उदाहरण के आंकड़ों के अनुसार मिलाने के बाद आक्सीजन का आयतन $\frac{6}{2} = 3$ गुना और सल्फर डाइआक्साइड का $\frac{6}{4} = 1.5$ गुना बढ़ गया। गैसों के आंशिक दाब भी इतने ही गुना कम हो गये।

अत : $P(O_2) = \frac{100}{3} = 33.3$ kPa

$$P(SO_2) = \frac{100}{1.5} = 66.7 \text{ kPa}$$

आंशिक दाब के नियमानुसार जो गैसें एक दूसरे के साथ रासायनिक अभिक्रिया नहीं करती हैं, उनके मिश्रण का कुल दाब मिश्रण में गैसों के आंशिक दाबों के योग के बराबर होता है।

उदाहरण 2. 3 लीटर CO_2 को 4 लीटर O_2 तथा 6 लीटर N_2 के साथ मिलाते हैं। मिलाने से पहले CO_2, O_2 तथा N_2 के दाब क्रमश: 96.108 तथा 90.6 kPa थे। मिश्रण का कुल आयतन 10 लीटर है। मिश्रण का दाब कितना होगा?

हल. पिछले प्रश्न के हल की तरह प्रत्येक गैस का आंशिक दाब निकालते है:

$$P(CO_2) = \frac{96 \times 3}{10} = 28.8 \text{ kPa}$$

$$P(O_2) = \frac{108 \times 4}{10} = 43.2 \text{ kPa}$$

$$P(N_2) = \frac{90.6 \times 6}{10} = 54.4 \text{ kPa}$$

गैस मिश्रण का कुल दाब आंशिक दाबों के योग के बराबर होता है, अत :

$$P = 28.8 + 43.2 + 54.4 = 126.4 \text{ kPa}$$

अगर गैस द्रव के ऊपर इकट्ठी की गयी है, तो गणना करते समय यह ध्यान रखना चाहिये कि इसका दाब आंशिक होता है तथा गैस मिश्रण के कुल दाब और द्रव की वाष्प के आंशिक दाब के अंतर के बराबर होता है।

उदाहरण 3. सामान्य परिस्थितियों में 20°C ताप तथा 100 kPa (750mm Hg) दाब पर जल के ऊपर इकट्ठे 120ml नाइट्रोजन का आयतन कितना हागा? संतृप्त जल वाष्प का दाब 20°C पर 2.3 kPa है।

हल. नाइट्रोजन का आंशिक दाब जल की वाष्प के कुल दाब तथा उसके आंशिक दाब के अंतर के बराबर होगा :

$$P(N_2) = P - P(H_2O) = 100 - 2.3 = 97.7 \text{ kPa}$$

अज्ञात आयतन को V_0 मानते हुए हम बायल-मेरियत और गे-लुसाक के नियमों पर आधारित संयुक्त समीकरण का प्रयोग करते हैं :

$$V_0 = \frac{PVT_0}{TP_0} = \frac{97.7 \times 120 \times 273}{293 \times 101.3} = 108 \text{ ml}$$

प्रश्न

41. $0.04m^3$ नाइट्रोजन 96kPa(720mm Hg) दाब पर $0.02m^3$ आक्सीजन के साथ मिलाते हैं। मिश्रण का कुल आयतन $0.06m^3$ है तथा कुल दाब 97.6 kPa(732mm Hg) है। लिये गये आक्सीजन का दाब कितना था ?

42. 2 लीटर $H_2(P = 93.3$ kPa) तथा 5 लीटर $CH_4(P = 112$kPa) से एक गैस मिश्रण तैयार किया जाता है। मिश्रण का कुल आयतन 7 लीटर है। गैसों के आंशिक दाब तथा मिश्रण का कुल दाब ज्ञात करें।

43. गैस मिश्रण NO तथा CO_2 से बना है। मिश्रण में गैसों का प्रतिशत आयतन कलन कीजिये, अगर उनके आंशिक दाब 36.3 तथा 70.4 kPa(272 तथा 528mm Hg) हैं।

44. $0.6m^3$ धारिता वाले एक बंद बर्तन में एक मिश्रण है जिसमें 0.2kg CO_2, 0.4kg O_2 तथा 0.15kg CH_4 0°C ताप पर मिली हैं।

कलित करें : (a) मिश्रण का कुल दाब ; (b) प्रत्येक गैस का आंशिक दाब तथा (c) मिश्रण में गैसों के आयतनों की संरचना % में।

45. $0.03m^3CH_4$, $0.04m^3H_2$ तथा $0.01m^3CO$ से एक गैस मिश्रण तैयार किया गया है। CH_4, H_2 तथा CO के आरंभिक दाब क्रमश: 96,84 तथा 108,8 kPa(720,630 तथा 816 mm Hg) थे। मिश्रण का आयतन $0.08m^3$ है। गैसों के आंशिक दाब तथा मिश्रण का कुल दाब ज्ञात करें।

46. जल के ऊपर एक गैसमीटर में 23°C ताप तथा 104.1kPa

(781mm Hg) दाब पर 7.4 लीटर ग्राक्सीजन भरा है। संतृप्त जल वाष्प का 23°C ताप पर दाब 2.8 kPa(21mm Hg) है। सामान्य परिस्थितियों में गैसमीटर में ग्राक्सीजन का ग्रायतन कितना होगा?

47. 0.350g धातु ग्रम्ल से 209ml हाइड्रोजन विस्थापित कर सकी है। हाइड्रोजन जल के ऊपर 20°C ताप ग्रौर 104.3 kPa दाब पर इकट्ठा हुग्रा। इस तापमान पर संतृप्त जल-वाष्प का दाब 2.3 kPa होगा। धातु का तुल्य द्रव्यमान कलित करके बताइये।

48. जल के ऊपर 26°C ताप तथा 98.7 kPa दाब पर 250ml हाइड्रोजन इकट्ठा हुग्रा। 26°C पर संतृप्त जल वाष्प का दाब 3.4 kPa है। सामान्य परिस्थितियों में हाइड्रोजन का ग्रायतन तथा द्रव्यमान ज्ञात करें।

49. एक द्विसंयोजक धातु की 0.604 ग्राम मात्रा द्वारा ग्रम्ल से 581ml हाइड्रोजन विस्थापित करने पर 18°C ताप तथा 105.6 kPa दाब पर जल के ऊपर एकत्रित हुग्रा। 18°C पर संतृप्त जल वाष्प का दाब 2.1 kPa है। धातु का सापेक्षिक परमाणु द्रव्यमान ज्ञात करें।

ग्रपना ज्ञान परखिये

50. एक बर्तन में ग्राक्सीजन ग्रौर नाइट्रोजन का मिश्रण भरा है। ग्रांशिक दाबों के किस ग्रनुपात पर गैसों के द्रव्यमान एक समान होंगे?

(a) $P(O)_2 = P(N)_2$; (b) $P(O)_2 = 0.875 P(N)_2$; (c) $P(O)_2 = 1.14\ P(N)_2$

51. वायु में ग्राक्सीजन का ग्रांशिक दाब 22 kPa है। प्रतिशत ग्रायतन में ग्राक्सीजन की मात्रा कितनी है?
(a) 42%; (b) 21%; (c) 10.5%.

52. एक जैसी परिस्थितियों में हाइड्रोजन पहली बार जल के ऊपर ग्रौर दूसरी बार मर्करी के ऊपर एकत्रित किया गया। दोनों बार गैसों का ग्रायतन समान था। क्या एकत्रित हाइड्रोजन की दोनों मात्राएं समान होंगी?
(a) हां; (b) मर्करी के ऊपर एकत्रित हाइड्रोजन की मात्रा ग्रधिक थी; (c) जल के ऊपर एकत्रित हाइड्रोजन की मात्रा ग्रधिक थी।

4. मोल. आवोगाड्रो का नियम. गैस का मोलीय आयतन

रासायनिक कलनों में द्रव्यमान तथा आयतन के साथ-साथ पदार्थ की मात्रा का भी अक्सर इस्तेमाल किया जाता है जो पदार्थ में उपस्थित संरचनात्मक इकाइयों के अनुपाती होती है। हर बार यह बताना अनिवार्य है कि वस्तुत: कौनसी संरचनात्मक इकाइयों को लिया गया है– अणु, परमाणु, आयन आदि। पदार्थ की मात्रा की इकाई को मोल कहते हैं।

मोल किसी पदार्थ की वह मात्रा है जिसमें ^{12}C कार्बन समस्थानिक के 0.012 किलोग्राम में स्थित परमाणुओं की संख्या के बराबर उसके अणु, परमाणु, आयन, इलेक्ट्रान या दूसरी संरचनात्मक इकाइयां उपस्थित हैं।

किसी पदार्थ के एक मोल में संरचनात्मक इकाइयों की संख्या (अवोगाड्रो की स्थिर संख्या) काफी परिशुद्धता के साथ ज्ञात की गयी है। व्यावहारिक कार्यों के लिये यह संख्या 6.02×10^{23} मोल $^{-1}$ के बराबर मानी गयी है।

यह दिखाना कठिन नहीं है कि ग्रामों में व्यक्त किसी पदार्थ के 1 मोल का द्रव्यमान (मोलीय द्रव्यमान) संख्यात्मक मान की दृष्टि से उसके सापेक्षिक आण्विक द्रव्यमान के समान होता है।

उदाहरणतया, मुक्त क्लोरीन Cl_2 का सापेक्षिक आण्विक द्रव्यमान (संक्षिप्त में आण्विक द्रव्यमान) 70.90 है। अत: आण्विक क्लोरीन का मोलीय द्रव्यमान 70.90g/mol हुआ। परंतु क्लोरीन परमाणुओं का मोलीय द्रव्यमान इसका आधा है (35.45g/mol) क्योंकि क्लोरीन Cl_2 अणुओं के एक मोल में क्लोरीन परमाणुओं के 2 मोल होते हैं।

उदाहरण 1. CO_2 के एक अणु का द्रव्यमान ग्रामों में ज्ञात कीजिये।

हल. CO_2 का आण्विक द्रव्यमान 44.0 है। अत: CO_2 का मोलीय द्रव्यमान 44.0g/mol हुआ। CO_2 के एक मोल में 6.02×10^{23} अणु हैं, अत: एक अणु का द्रव्यमान m ज्ञात किया जा सकता है:

$$m = \frac{44.0}{6.02 \times 10^{23}} = 7.31 \times 10^{-23}\ g.$$

आवोगाड्रो के नियमानुसार समान ताप तथा दाब पर सभी गैसों के समान आयतनों में अणुओं की संख्या समान होती है।

अन्य शब्दों में, किसी भी गैस के अणुओं की एक ही संख्या का समान परिस्थितियों में आयतन समान होता है। दूसरी ओर किसी भी गैस के एक मोल में अणुओं की संख्या समान होती है, अत: समान परिस्थितियों में किसी भी गैस के एक मोल का आयतन समान होगा। इस आयतन को गैस का मोलीय आयतन कहते हैं तथा सामान्य परिस्थितियों में (0°C ताप तथा 101.325 kPa दाब) इसका मान 22.4 लीटर होता है।

उदाहरण 2. एक बंद पात्र में 100°C से ज्यादा ताप पर हाइड्रोजन और आक्सीजन की समान मात्राओं का मिश्रण रखा हुआ है। पात्र के अन्दर दाब किस प्रकार बदलेगा अगर मिश्रण को पहले विस्फोटित कर दिया जाये और फिर पात्र के अंदर इसको आरंभिक ताप तक शीतलित किया जाये?

हल. जब हाइड्रोजन और आक्सीजन की अभिक्रिया में H_2 के हर दो अणु तथा O_2 के एक अणु से H_2O के दो अणु बनते हैं।

इस अभिक्रिया के परिणामस्वरूप अणुओं की कुल संख्या 1.5 गुना कम हो जाती है। चूंकि अभिक्रिया एक स्थिर आयतन पर घटती है तथा खत्म होने पर पात्र के अंदर मिश्रण आरंभिक ताप पर लौट आता है, अत: अणुओं की संख्या में 1.5 गुना कमी से दाब भी इतना ही कम हो जाता है।

उदाहरण 3. 26°C तथा 98.9 kPa (742mm Hg) पर 5.25g नाइट्रोजन के आयतन का परिकलन करें।

हल. नाइट्रोजन का मोलीय आयतन तथा मोलीय द्रव्यमान (28.0g/mol) जानते हुए हम सामान्य परिस्थितियों में 5.25g नाइट्रोजन का आयतन निकालते हैं:

28.0g नाइट्रोजन 22.4 लीटर आयतन लेता है

5.25g नाइट्रोजन V_0 आयतन लेता है,

$$\text{अत :}\quad V_0 = \frac{5.25 \times 22.4}{28.0} = 4.20 \text{ लीटर}$$

अब उदाहरण में दी गयी परिस्थितियों के अनुसार आयतन निश्चित करते हैं

$$V = \frac{P_0 V_0 T}{P T_0} = \frac{101.3 \times 4.20 \times 299}{98.9 \times 273} = 4.71 \text{ लीटर}$$

किसी गैस मिश्रण में गैस की आयतनसूचक मात्रा गैस मिश्रण के आयतन के उस भाग को कहते हैं जो उसी ताप पर और गैस मिश्रण के कुल दाब के बराबर आंशिक दाब पर प्रदत्त गैस का आयतन होता। यह मान कुल आयतन के एक अंश के रूप में (आयतन अंश) या कुल आयतन के प्रतिशत के रूप में (प्रतिशत आयतन) प्रकट किया जा सकता है।

उदाहरण के लिये: "वायु में कार्बन डाइआक्साइड की मात्रा 0.03% (आयतन) होती है"; इसका अर्थ है कि वायु के कुल दाब के बराबर CO_2 के आंशिक दाब पर तथा उसी ताप पर वायु में कार्बन डाइआक्साइड का आयतन इसके कुल आयतन का 0.03% होगा।

उदाहरण 4. एक लीटर वायु में कितने मोल आक्सीजन होता है अगर उसकी आयतनसूचक मात्रा 21% हो (सामान्य परिस्थितियों में)?

हल. सामान्य परिस्थितियों में एक लीटर वायु में आक्सीजन का आयतन 0.21 लीटर होता है। आक्सीजन का मोलीय आयतन जानते हुए हम 0.21 लीटर O_2 में इसके मोलों की संख्या ज्ञात करते हैं:

1 मोल 22.4 लीटर आयतन घेरता है

x मोल 0.21 लीटर आयतन घेरते हैं

$$\text{अत}: \quad x = \frac{0.21}{22.4} = O_2 \text{ के } 0.093 \text{ मोल}$$

प्रश्न

53. 1g NH_3 तथा 1g N_2 में उपस्थित अणुओं की संख्या की तुलना करें। कब और कितनी बार अणुओं की संख्या अधिक है?

54. सल्फर डाइआक्साइड के एक अणु का द्रव्यमान ग्रामों में व्यक्त कीजिये।

55. 0.001 kg H_2 तथा 0.001 kg O_2 में अणुओं की संख्या समान है? H_2 के एक मोल तथा O_2 के एक मोल में? समान परिस्थितियों में 1 लीटर H_2 तथा 1 लीटर O_2 में?

56. सामान्य परिस्थितियों में 1.00ml हाइड्रोजन में कितने अणु उपस्थित होते हैं?

57. सामान्य परिस्थितियों में किसी गैस के 27×10^{21} अणुओं का आयतन कितना होता है?

58. समान परिस्थितियों में O_2 के एक मोल तथा O_3 के एक मोल के आयतनों का अनुपात क्या होगा?

59. समान परिस्थितियों में आक्सीजन, हाइड्रोजन तथा मिथेन के समान द्रव्यमान लिये गये। इन गैसों के आयतनों का अनुपात ज्ञात कीजिये।

60. सामान्य परिस्थितियों में जल के एक मोल का आयतन कितना होगा? इस प्रश्न का उत्तर 22.4 लीटर है यह सही है या गलत?

61. एक लीटर वायु में कार्बन डाइआक्साइड के कितने अणु होंगे अगर CO_2 की आयतनसूचक मात्रा 0.03% हो (सामान्य परिस्थितियों में)?

62. (a) 2 लीटर H_2 का 15°C ताप तथा 100.7 kPa (755mm Hg) दाब पर द्रव्यमान ज्ञात करें; (b) $1m^3$ N_2 का 10°C तथा 102.9 kPa (772mm Hg) पर, (c) $0.5m^3$ Cl_2 का 20°C तथा 99.9 kPa (749.3mm Hg) पर।

63. 0.07kg N_2 का 21°C ताप तथा 142 kPa (1065mm Hg) दाब पर आयतन निर्धारित करें।

64. पोटेशियम क्लोरेट गर्म करने पर KCl तथा O_2 में विभाजित हो जाता है। $KClO_3$ के एक मोल से 0°C ताप तथा 101.3 kPa दाब पर कितने लीटर आक्सीजन प्राप्त हो सकते हैं?

65. सामान्य परिस्थितियों में किसी भी गैस के $1m^3$ में कितने मोल हो सकते हैं?

66. किसी पहाड़ की चोटी पर वायुमंडलीय दाब कितना है अगर 0°C ताप पर वहां की 1 लीटर वायु का द्रव्यमान 700mg है?

67. CO के एक आयतन तथा Cl_2 के एक आयतन की अभिक्रिया से फासजीन का एक आयतन प्राप्त होता है। फासजीन का सूत्र बताइये।

68. 2 लीटर ब्यूटेन के दहन से CO_2 का कितना आयतन प्राप्त होगा? दोनों गैसों के आयतन समान परिस्थितियों में नापे गये हैं।

69. एक बंद पात्र में 120°C ताप तथा 600 kPa दाब पर O_2 के तीन आयतन तथा CH_4 के एक आयतन का मिश्रण भरा है। अगर मिश्रण को विस्फोटित कर दिया जाये और फिर पात्र के अंदर भारी गैसों को आरंभिक ताप पर ले आया जाये, तो पात्र के अंदर दाब कितना होगा?

70. हाइड्रोजन और आक्सीजन के मिश्रण के 0.020 लीटर आयतन के विस्फोटन के बाद 0.0032 लीटर आक्सीजन बचा। मिश्रण की आरंभिक संरचना का आयतन प्रतिशत बतायें।

71. जब SO_2 तथा O_2 के समान आयतनों का मिश्रण एक संपर्क उपकरण में से गुजारा जाता है तो 90% SO_2 अणु SO_3 में परिवर्तित हो जाते हैं। संपर्क उपकरण से बाहर निकलते गैस मिश्रण की संरचना (आयतन प्रतिशत में) ज्ञात करें।

72. तीन आयतन Cl_2 तथा एक आयतन H_2 का मिश्रण एक बंद पात्र में विसरित प्रकाश में एक स्थिर ताप पर रख दिया गया। कुछ समय बाद क्लोरीन की मात्रा 20% कम हो गयी। क्या पात्र के अंदर दाब बदल गया? मिश्रण की आयतनसूचक मात्रा प्रतिशत में कितनी हो गयी?

73. NH_3 की Cl_2 के साथ अभिक्रिया से हाइड्रोजन क्लोराइड और नाइट्रोजन प्राप्त होते हैं। NH_3 तथा Cl_2 के किन आयतन अनुपातों में अभिक्रिया घटती है तथा प्राप्त गैसों के आयतनों में क्या अनुपात है?

74. H_2 का कितना आयतन 17°C ताप तथा 102.4 kPa दाब पर मुक्त होगा, जब 1.5 kg जिंक हाइड्रोक्लोरिक अम्ल में विलयित किया जाता है।

75. अध्ययन हेतू ली गयी किसी गैस के एक आयतन तथा H_2 के एक आयतन के मिश्रण के विस्फोटन से जल वाष्प का एक आयतन नाइट्रोजन का एक आयतन प्राप्त हुए। सभी मापन समान परिस्थितियों में किये गये गैस का सूत्र बताइये।

अपना ज्ञान परखिये

76. समान परिस्थितियों में N_2 तथा O_2 के समान आयतन लिये गये हैं। दोनों गैसों के द्रव्यमानों का अनुपात क्या है?

(a) $m(O_2) > m(N_2)$; (b) $m(N_2) > m(O_2)$;
(c) $m(O_2) = m(N_2)$।

77. H_2 तथा Cl_2 के समान आयतन मिलाये गये। अभिक्रिया के बाद मिश्रण का आयतन किस प्रकार बदलेगा?
(a) यह नहीं बदलेगा; (b) यह दोगुना बढ़ जायेगा;
(c) यह आधा हो जायेगा।

78. HCl के एक मोल तथा Cl_2 के एक मोल के आयतनों का अनुपात क्या है (T तथा P समान हैं)?

(a) $V(HCl) > V(Cl_2)$; (b) $V(HCl) = V(Cl_2)$;
(c) $V(HCl) < V(Cl_2)$

79. गर्म करने पर HBr पूर्णतया विभाजित हो जाता है। गैस का आयतन अपरिवर्तित रहता है। विभाजन अभिक्रिया के उत्पाद निश्चित कीजिये।
(a) H तथा Br परमाणु; (b) H_2 तथा Br_2 अणु;
(c) H_2 अणु तथा Br परमाणु।

5. गैसीय अवस्था में आण्विक द्रव्यमान निश्चित करना

किसी पदार्थ का आण्विक द्रव्यमान निश्चित करने के लिये अक्सर उस पदार्थ के अणुओं की संख्या के बराबर इस पदार्थ का मोलीय द्रव्यमान (ग्रा० में) ज्ञात करते हैं।

A. गैस के घनत्व के आधार पर आण्विक द्रव्यमान निश्चित करना

उदाहरण 1. वायु की तुलना में किसी गैस का घनत्व 1.17 है। गैस का मोलीय द्रव्यमान ज्ञात करें।

हल. अवोगाड्रो के नियमानुसार समान दाब तथा समान ताप पर गैसों के समान आयतनों के द्रव्यमानों (m) का अनुपात वही होता है जो उनके मोलीय द्रव्यमानों (M) का:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2}$$

जहां $\frac{m_1}{m_2}$ पहली गैस का दूसरी गैस के प्रति सापेक्षिक घनत्व है तथा इसे D चिन्ह द्वारा द्योतित करते हैं।

अत: उदाहरण के आंकड़ों के अनुसार :

$$D = \frac{M_1}{M_2} = 1.17$$

वायु का औसत आण्विक द्रव्यमान M_2 29.0g/mol है। अत: $M_1 = 1.17 \times 29.0 = 33.9\ g/mol$ जो 33.9 आण्विक द्रव्यमान के संगत है।

B. मोल आयतन के आधार पर गैस का आण्विक द्रव्यमान निश्चित करना

उदाहरण 2. गैस का आण्विक द्रव्यमान ज्ञात करें, अगर सामान्य परिस्थितियों में इसकी 0.824 ग्राम मात्रा का आयतन 0.260 लीटर है।

हल : सामान्य परिस्थितियों में किसी भी गैस के एक मोल का आयतन 22.4 लीटर होता है। दी गयी गैस के 22.4 लीटर आयतन का कलन करके हम उसका मोलीय द्रव्यमान ज्ञात करेंगे।

0.824 ग्राम गैस का आयतन 0.260 लीटर है

x ग्राम . . . . . 22.4 लीटर है।

$$\text{अत :}\quad x = \frac{22.4 \times 0.824}{0.260} = 71.0 \text{ ग्राम}$$

इस प्रकार गैस का मोलीय द्रव्यमान 71.0g/mol हुआ तथा इसका आण्विक द्रव्यमान 71 है।

C. क्लेपेरान–मेंडेलीफ समीकरण की सहायता से आण्विक द्रव्यमान निश्चित करना

क्लेपेरान–मेंडेलीफ समीकरण (आदर्श गैस की अवस्था का समीकरण) गैस के द्रव्यमान (m, kg), ताप (T, K), दाब (P, Pa) तथा आयतन (V, m^3) का उस गैस के मोलीय द्रव्यमान (M, Kg/mol) के साथ संबंध दर्शाता है।

$$PV = \frac{mRT}{M}$$

यहां R गैस का सामान्य स्थिरांक है जो $8.134 J(mol \cdot K)$ * के बराबर है।

इस समीकरण की सहायता से किसी भी राशि का मान ज्ञात किया जा सकता है अगर बाकी सब के मान ज्ञात हों।

उदाहरण 3. बेंजोल का मोलीय द्रव्यमान ज्ञात कीजिये, अगर इसकी 600ml वाष्प का 87°C ताप तथा 83.2 kPa दाब पर द्रव्यमान 1.30g है।

हल. इस उदाहरण के आंकड़ों को SI इकाइयों में व्यक्त करते हैं:

$$P = 8.32 \times 10^4 \text{ Pa}; \quad V = 6 \times 10^{-4} \text{ m}^3; \quad m = 1.30 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

और $T = 360K$

प्राप्त परिणामों को क्लेपेरान–मेंडेलीफ समीकरण में भर देते हैं:

$$M = \frac{1.30 \times 10^{-3} \times 8.31 \times 360}{8.32 \times 10^4 \times 6 \times 10^{-4}} = 78.0 \times 10^{-3} \text{ kg/mol} =$$

$$= 78.0 \text{ g/mol}$$

बेंजोल का आण्विक द्रव्यमान 78.0 है।

प्रश्न

80. सामान्य परिस्थितियों में 200ml ऐसीटिलीन का द्रव्यमान 0.232g है। ऐसीटिलीन का मोलीय द्रव्यमान ज्ञात कीजिये।

81. सामान्य परिस्थितियों में 600ml गैस का द्रव्यमान 1.714g है। गैस के मोलीय द्रव्यमान का कलन कीजिये।

82. $0.001 m^3$ गैस का 0°C ताप तथा 101.3 kPa दाब पर द्रव्यमान 1.25g है।

परिकलन कीजिये: (a) गैस का मोलीय द्रव्यमान; (b) गैस के एक अणु का द्रव्यमान।

---

* अन्य इकाइयों में R का मान निम्न होता है:

$62.36 \ l \cdot mm \ Hg \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}; \quad 1.987 \ cal \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$

83. सामान्य परिस्थितियों में $0.001 m^3$ गैस का द्रव्यमान 0.0021 kg है। गैस का मोलीय द्रव्यमान तथा वायु के प्रति इसका घनत्व निश्चित करें।

84. आक्सीजन के प्रति ऐसीटिलीन का घनत्व 0.875 है। गैस का आण्विक द्रव्यमान निश्चित कीजिये।

85. सामान्य परिस्थितियों में $0.001 m^3$ गैस का द्रव्यमान 0.00152 kg है जबकि $0.001 m^3$ नाइट्रोजन का द्रव्यमान 0.00125kg है। (a) नाइट्रोजन के प्रति गैस के घनत्व के आधार पर गैस का आण्विक द्रव्यमान कलन कीजिये; (b) मोलीय आयतन के आधार पर इस गैस के आण्विक द्रव्यमान का कलन कीजिये।

86. अगर वायु के प्रति मर्करी का घनत्व 6.92 है, तो मर्करी वाष्प के अणुओं में कितने परमाणु होंगे?

87. एक निश्चित ताप पर नाइट्रोजन के प्रति सल्फर वाष्प का घनत्व 9.14 है। इस ताप पर सल्फर के एक अणु में कितने परमाणु होंगे?

88. अगर 500ml ऐसीटोन वाष्प का 87°C ताप तथा 96kPa (720mm Hg) दाब पर द्रव्यमान 0.94g है, तो ऐसीटोन का मोलीय द्रव्यमान कितना होगा?

89. 624ml गैस का 17°C ताप तथा 104kPa (780mm Hg) दाब पर द्रव्यमान 1.56g है। गैस के मोलीय द्रव्यमान का कलन कीजिये।

90. 1kg वायु 17°C तथा 101.33 kPa पर कितना आयतन घेरेगी?

91. 20 लीटर धारिता वाला एक गैसमीटर गैस से भरा हुआ है। वायु के प्रति इस गैस का घनत्व 0.40 है, उसका दाब 103.3kPa (774.8mm Hg) तथा ताप 17°C है। गैस के द्रव्यमान का कलन कीजिये।

92. 27°C ताप पर 750ml धारिता वाले एक फ्लास्क में भरे आक्सीजन का द्रव्यमान 83.3g है। खाली फ्लास्क का द्रव्यमान 82.1g है। आक्सीजन का दाब निश्चित कीजिये।

93. 17°C ताप तथा 82.2 kPa (624mm Hg) दाब पर $1 m^3$ वायु के द्रव्यमान का कलन कीजिये।

अपना ज्ञान परखिये

94. नीचे दिये तथ्यों में से कौनसा तथ्य यह सिद्ध करता है कि गैसीय निआन एकपरमाण्विक है? (a) निआन अन्य तत्वों के साथ कोई यौगिक नहीं बनाता है। (b) निआन का घनत्व उत्कृष्ट गैस आर्गान के घनत्व का आधा होता है, जो आवर्त सारणी में इसके नीचे स्थित है। (c) निआन का घनत्व फ्लुओरीन के घनत्व का लगभग आधा होता है जो आवर्त सारणी में निआन से पिछला तत्व है।

95. वायु के प्रति क्लोरीन का घनत्व कितना होता है? (a) 2.44; (b) 3.0; (c) यह केवल प्रयोग द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

96. एक गैसीय आक्साइड में 30.4% नाइट्रोजन उपस्थित है। एक आक्साइड अणु में एक नाइट्रोजन परमाणु है। आक्सीजन के प्रति गैस का घनत्व कितना है?
(a) 0.94; (b) 1.44; (c) 1.50.

97. सामान्य परिस्थितियों में 2.24 लीटर गैस का द्रव्यमान 2.8g है। गैस का आण्विक द्रव्यमान कितना है?
(a) 14; (b) 28;(c) 42.

98. एक सल्फर परमाणु का द्रव्यमान आक्सीजन परमाणु के द्रव्यमान का दुगुना अधिक है। क्या हम यह कह सकते हैं कि आक्सीजन के प्रति सल्फर वाष्प का घनत्व 2 है? (a) हां; (b) नहीं।

6. रासायनिक सूत्र बनाने की विधि. रासायनिक सूत्रों तथा समीकरणों के आधार पर कलन.

पदार्थों के सूत्र यह दिखाते हैं कि पदार्थ किन तत्वों से बने हैं तथा उन तत्वों की मात्रा कितनी है। सूत्र दो प्रकार के होते हैं: सरलतम तथा आण्विक। सरलतम सूत्र पदार्थ के अणुओं की सरलतम संभाव्य परमाण्विक संरचना व्यक्त करता है जो इस पदार्थ के तत्वों के द्रव्यमानों के अनुपातों के अनुकूल है। आण्विक सूत्र प्रत्येक तत्व के एक अणु में परमाणुओं की वास्तविक संख्या बताता है (आण्विक संरचना वाले पदार्थों के लिये)।

किसी भी पदार्थ का सरलतम सूत्र बनाने के लिये उसकी संरचना तथा उसके तत्वों के परमाण्विक द्रव्यमानों की जानकारी पर्याप्त है।

उदाहरण 1. क्रोमियम ग्राक्साइड का सरलतम सूत्र लिखिये जिसमें 68.4% क्रोमियम (द्रव्यमान) उपस्थित है।

हल. ग्राक्साइड के सरलतम सूत्र में क्रोमियम तथा ग्राक्सीजन के परमाणुग्रों की संख्या क्रमश: x ग्रौर y से ग्रंकित करते हैं। इन तत्वों के परमाण्विक द्रव्यमान 52 ग्रौर 16 हैं।

ग्रत: ग्राक्साइड में क्रोमियम ग्रौर ग्राक्सीजन के द्रव्यमानों का ग्रनुपात 52x : 16y होगा। उदाहरण के ग्रांकड़ों के ग्रनुसार यह ग्रनुपात 68.4 : 31.6 है।

$$\text{ग्रत:}\quad 52x : 16y = 68.4 : 31.6$$

$$\text{जिससे}\quad x : y = \frac{68.4}{52} : \frac{31.6}{16} = 1.32 : 1.98$$

इस ग्रनुपात को पूर्ण संख्या में व्यक्त करने के लिये इसके दोनों पदों को छोटे पद के मान से विभाजित कर देते है:

$$x : y = \frac{1.32}{1.32} : \frac{1.98}{1.32} = 1 : 1.5$$

ग्रौर फिर ग्रन्तिम ग्रनुपात के दोनों पदों में 2 की गुणा कर देते हैं:

$$x : y = 2 : 3$$

ग्रत: क्रोमियम ग्राक्साइड का मूलानुपाती सूत्र Cr_2O_3 हुग्रा।

उदाहरण 2. एक पदार्थ के 2.66g के पूर्ण दहन से 1.54g CO_2 तथा 4.48g SO_2 प्राप्त हुग्रा। पदार्थ का सरलतम सूत्र ज्ञात करें।

हल: दहन के फलस्वरूप प्राप्त उत्पादों की संरचना दर्शाता है कि पदार्थ में कार्बन ग्रौर सल्फर उपस्थित थे। इन दो तत्वों के ग्रलावा इसमें ग्राक्सीजन भी हो सकता था।

प्राप्त CO_2 के द्रव्यमान से हम पदार्थ में कार्बन का द्रव्यमान ज्ञात कर सकते हैं। CO_2 का मोलीय द्रव्यमान 44g/mol है तथा इसके एक मोल में 12g कार्बन उपस्थित होता है। हम 1.54g CO_2 में कार्बन का द्रव्यमान m कलन करते हैं:

$$44 : 12 = 1.54 : m$$

$$m = \frac{12 \times 1.54}{44} = 0.42\ g$$

इसी प्रकार हम सल्फर का द्रव्यमान भी कलन करते हैं। 4.48g SO_2 में सल्फर का द्रव्यमान 2.24g होगा।

अत: दग्ध पदार्थ में 0.42g कार्बन के प्रति 2.24g सल्फर उपस्थित था। चूंकि इन दोनों द्रव्यमानों का योगफल दग्ध पदार्थ के कुल द्रव्यमान (2.66g) के बराबर है, तो यह सिद्ध हो जाता है कि पदार्थ में आक्सीजन की जरा सी भी मात्रा नहीं थी।

अब हम दग्ध पदार्थ के एक अणु में कार्बन (x) और सल्फर (y) के परमाणुओं की संख्याओं में अनुपात परिकलित कर लेते हैं:

$$x : y = \frac{0.42}{12} : \frac{2.24}{32} = 0.035 : 0.070 = 1 : 2$$

अत: पदार्थ का सरलतम सूत्र CS_2 हुआ।

किसी पदार्थ का आण्विक सूत्र निर्धारित करने के लिये हमें पदार्थ की संरचना के अलावा उसका आण्विक द्रव्यमान भी ज्ञात होना चाहिये।

उदाहरण 3. नाइट्रोजन और हाइड्रोजन के एक गैसीय यौगिक में 12.5% (द्रव्यमान) हाइड्रोजन उपस्थित है। हाइड्रोजन के प्रति यौगिक का घनत्व 16 है। यौगिक का आण्विक सूत्र ज्ञात करें।

हल. हम यौगिक के एक अणु में हाइड्रोजन परमाणुओं की संख्या (y) के प्रति नाइट्रोजन परमाणुओं की संख्या (x) अनुपात ज्ञात करते हैं:

$$x : y = \frac{87.5}{14} : \frac{12.5}{1} = 6.25 : 12.5 = 1 : 2$$

यौगिक का सरलतम सूत्र NH_2 है। आण्विक द्रव्यमान 16 इस सूत्र के संगत है। हम हाइड्रोजन के प्रति पदार्थ के घनत्व से उसका वास्तविक आण्विक द्रव्यमान कलन कर लेते हैं:

$$M = 2 \times 16 = 32$$

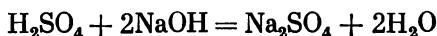
अत: पदार्थ का वास्तविक आण्विक द्रव्यमान सरलतम सूत्र द्वारा परिकलित आण्विक द्रव्यमान दुगुना अधिक हुआ। इसलिये यौगिक का आण्विक सूत्र N_2H_4 है।

किसी रासायनिक अभिक्रिया के समीकरण में हर सूत्र के संगत पदार्थ का एक मोल प्रस्तुत करता है। अत: अभिक्रिया में भाग ले रहे पदार्थों के मोलीय द्रव्यमान जानते हुए हम समीकरण की सहायता

से अभिक्रिया के पदार्थों के द्रव्यमानों और उसके उत्पादों के द्रव्यमानों का अनुपात ज्ञात कर सकते हैं। अगर किसी अभिक्रिया में गैसीय पदार्थ भाग लेते हैं, तो अभिक्रिया के समीकरण के आधार पर हम उनके आयतनों का अनुपात ज्ञात कर सकते हैं।

उदाहरण 4. 20g सोडियम हाइड्रोक्साइड के पूर्ण उदासीनीकरण के लिये आवश्यक सल्फ्यूरिक अम्ल का द्रव्यमान ज्ञात करें।

हल. अभिक्रिया का समीकरण निम्न है:

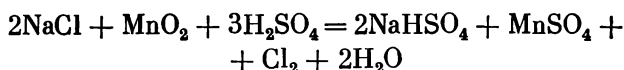
$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

H_2SO_4 तथा NaOH के आण्विक द्रव्यमान क्रमश: 98 तथा 40 हैं। अभिक्रिया के समीकरण के अनुसार H_2SO_4 का एक मोल NaOH के दो मोलों के साथ अभिक्रिया करता है, अर्थात:

98g H_2SO_4 80g NaOH उदासीन करता हैं।

xg H_2SO_4 20g NaOH उदासीन करता हैं।

अत : $x = \frac{98 \times 20}{80} = 24.5$ g.

उदाहरण 5. MnO_2 तथा NaCl के मिश्रण के साथ सल्फ्यूरिक अम्ल की अभिक्रिया से Cl_2 उत्पन्न किया जा सकता है। अभिक्रिया का समीकरण निम्न है:

$$2NaCl + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + \\ + Cl_2 + 2H_2O$$

सामान्य परिस्थितियों में 100g सोडियम क्लोराइड से क्लोरीन का कितना आयतन प्राप्त हो सकता है?

हल. अभिक्रिया के समीकरण के अनुसार NaCl के दो मोलों से Cl_2 का एक मोल प्राप्त होता है। NaCl के दो मोलों का द्रव्यमान परिकलित करके (117g) हम एक अनुपात बनाते हैं:

117g NaCl से 22.4 लीटर Cl_2 प्राप्त होता है।

100g NaCl से x लीटर Cl_2 प्राप्त होता है।

अत: $x = \frac{22.4 \times 100}{117} = 19.15$ लीटर.

प्रश्न

99. उस पदार्थ का सरलतम सूत्र लिखिये जिसमें द्रव्यमान के प्रति 43.4% सोडियम, 11.3% कार्बन तथा 45.3% ग्राक्सीजन उपस्थित हों।

100. उस पदार्थ का सरलतम सूत्र लिखिये जिसमें हाइड्रोजन, कार्बन, ग्राक्सीजन तथा नाइट्रोजन के द्रव्यमानों का ग्रनुपात 1:3:4:7 से व्यक्त हो।

101. वैनेडियम ग्राक्साइड का सरलतम सूत्र बताइये, ग्रगर 2.73g ग्राक्साइड में 1.53g धातु उपस्थित है।

102. किसी पदार्थ में (द्रव्यमान के प्रति) 26.53% पोटेशियम, 35.37% क्रोमियम तथा 38.10% ग्राक्सीजन उपस्थित हैं। पदार्थ का सरलतम सूत्र बताइये।

103. यह जानते हुए कि 36.6g लवण (बेरियम के क्रिस्टल हाइड्रेट क्लोराइड) का परितापन करने पर उसके द्रव्यमान में 5.4g कमी ग्रा जाती है। इसका सूत्र बताइये।

104. ब्युटिरिक ग्रम्ल का ग्राण्विक सूत्र बताइये, जिसमें (द्रव्यमान के प्रति) 54.5% कार्बन, 36.4% ग्राक्सीजन तथा 9.1% हाइड्रोजन उपस्थित हैं, ग्रगर हाइड्रोजन के प्रति इस ग्रम्ल की वाष्प का घनत्व 44 है।

105. किसी पदार्थ में 93.75% कार्बन तथा 6.25% हाइड्रोजन (द्रव्यमान के प्रति) उपस्थित है। ग्रगर वायु के प्रति इस पदार्थ का घनत्व 4.41 है, तो पदार्थ का ग्राण्विक सूत्र क्या होगा?

106. 4.3g हाइड्रोकार्बन के दहन से CO_2 के 13.2g हुए। हाइड्रोजन के प्रति हाइड्रोकार्बन की वाष्प का घनत्व 43 है। पदार्थ का ग्राण्विक सूत्र क्या होगा?

107. किसी गैस के एक ग्रायतन तथा ग्राक्सीजन के दो ग्रायतनों के मिश्रण के विस्फोट से CO_2 के दो ग्रायतन तथा N_2 का एक ग्रायतन प्राप्त हुग्रा। गैस का ग्राण्विक सूत्र बताइये।

108. बोरान ग्रौर हाइड्रोजन के एक यौगिक का ग्राण्विक सूत्र बताइये, ग्रगर इस गैस के एक लीटर का द्रव्यमान एक लीटर नाइट्रोजन के द्रव्यमान के बराबर है ग्रौर पदार्थ में बोरान की मात्रा 78.2% है।

109. एक किलोग्राम (a) पोटेशियम नाइट्रेट KNO_3, (b) अमोनियम नाइट्रेट NH_4NO_3 तथा (c) अमोफोस $(NH_4)_2HPO_4$ में नाइट्रोजन का द्रव्यमान कलन कीजिये।

110. निम्न यौगिकों में प्रत्येक तत्व की % संरचना का (द्रव्यमान के प्रति) परिकलन कीजिये : (a) $Mg(OH)_2$; (b) $Fe(NO_3)_3$; (c) H_2SO_4; (d) $(NH_4)_2SO_4$.

111. फेरस अयस्क में (द्रव्यमान के प्रति) 94% Fe_2O_3 उपस्थित है। 2 टन अयस्क से कितना फेरस प्राप्त किया जा सकता है?

112. किसी विलयन में H_2SO_4 की मात्रा 10 ग्राम है। 9g NaOH इस विलयन में मिलाया गया। प्राप्त विलयन में क्या अभिक्रिया घटेगी?

113. किसी विलयन में 34.0g $AgNO_3$ उपस्थित है। इस विलयन को एक दूसरे विलयन के साथ मिलाया जाता है जिसमें NaCl का द्रव्यमान उतना ही है। क्या इसके फलस्वरूप हुई अभिक्रिया में सारा सिल्वर नाइट्रेट भाग लेगा? प्रयोग के परिणामस्वरूप कितने ग्राम AgCl प्राप्त होगा?

114. 3.00g ऐन्थ्रासइट के दहन से सामान्य परिस्थितियों में 5.30 लीटर CO_2 प्राप्त हुआ। ऐन्थ्रासइट में (द्रव्यमान के प्रति) कितने प्रतिशत कार्बन उपस्थित है?

115. 0.20 मोल $FeCl_3$ वाले विलयन में 0.24 मोल NaOH के साथ अभिक्रिया करायी गयी। $Fe(OH)_3$ के कितने मोल प्राप्त हुए तथा विलयन में $FeCl_3$ के कितने मोल बाकी रह गये?

116. जल के एक मोल का विद्युत धारा द्वारा विखंडन से सामान्य परिस्थितियों में कितने लीटर अधिस्फोटी गैस प्राप्त होगी?

117. 0.80kg CaC_2 के साथ जल की अभिक्रिया से सामान्य परिस्थितियों में ऐसीटिलीन का कितना आयतन प्राप्त होगा?

118. 265g Na_2CO_3 से कितने ग्राम NaCl प्राप्त किया जा सकता है?

119. SO_2 के 10 मोल तथा O_2 के 15 मोल के मिश्रण को एक उत्प्रेरक के ऊपर से प्रवाहित करने पर SO_3 के 8 मोल प्राप्त हुए।

SO_2 तथा O_2 के कितने मोलों ने अभिक्रिया में भाग नहीं लिया?

120. 7.3g HCl को 4.0g NH_3 के साथ मिलने से कितने ग्राम NH_4Cl प्राप्त होता है? अभिक्रिया के बाद बची गैस के द्रव्यमान का कलन करें।

121. आयतन के प्रति एक गैस की संरचना आयतन प्रतिशत में निम्न है: 50% H_2, 35% CH_4, 8% CO, 2% C_2H_4 तथा 5% अदहनशील अशुद्धियां। $1m^3$ गैस के दहन के लिये कितनी वायु की आवश्यकता पड़ेगी? वायु में 21% आक्सीजन (आयतन) उपस्थित है।

122. जब तप्त कोयले के ऊपर से जल वाष्प गुजारी जाती है, एक जल गैस प्राप्त होती है जिसमें CO और H_2 समान आयतनों में उपस्थित होती है। सामान्य परिस्थितियों में 3.0kg कोयले से कितने आयतन जल गैस प्राप्त होगी?

123. गर्म करने पर कैल्सियम कार्बोनेट CaO तथा CO_2 में अपघटित हो जाता है। 7.0 टन अशमित चूना प्राप्त करने के लिये प्राकृतिक चूना-पत्थर के कितने द्रव्यमान की आवश्यकता पड़ेगी। चूना-पत्थर में (द्रव्यमान के प्रति) 90% $CaCO_3$ उपस्थित है।

124. किसी विलयन में 5.0g KOH उपस्थित था। इस विलयन को एक दूसरे विलयन में मिला दिया गया जिसमें 6.8g $AlCl_3$ उपस्थित था। अवक्षेप का द्रव्यमान ज्ञात करें।

125. 10g कापर को नाइट्रिक अम्ल में घोलने के बाद विलयन के वाष्पीकरण से प्राप्त क्रिस्टल हाइड्रेट $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ का द्रव्यमान ज्ञात करें।

126. ऐलुमिनियम तथा इसके आक्साइड के मिश्रण की 3.90g मात्रा की सोडियम हाइड्रोक्साइड विलयन के साथ अभिक्रिया से सामान्य परिस्थितियों में 840ml गैस प्राप्त हुई। आरंभिक मिश्रण (द्रव्यमान के प्रति) की प्रतिशत संरचना ज्ञात करें।

127. आंशिक रूप से आक्सीकृत 5.10g मैग्नीशियम के साथ हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की अभिक्रिया कराने से सामान्य परिस्थितियों में 3.74 लीटर H_2 मुक्त हुआ। पाउडर में (द्रव्यमान के प्रति) कितने प्रतिशत मैग्नीशियम उपस्थित था?

128. 3.4260g लौह शेविंग्स के ग्रावश्यक उपचार से 0.0998g SiO_2 प्राप्त हुग्रा। विश्लेषण हेतू लिये लोहे में सिलिकन की मात्रा % में ज्ञात करें।

129. सामान्य परिस्थितियों में 125g MoO_3 को धातु के रूप तक ग्रपचयित करने के लिये कितने हाइड्रोजन की जरूरत पड़ेगी ?

130. 23°C ताप तथा 100.7kPa दाब पर 1.20g मैग्नीशियम-ऐलुमिनियम ऐलाय के साथ हाइड्रोक्लोरिक ग्रम्ल की ग्रभिक्रिया के फलस्वरूप 1.42 लीटर हाइड्रोजन प्राप्त हुग्रा। प्रतिशत (द्रव्यमान के प्रति) ऐलाय की मात्रा ज्ञात करें।

131. ग्रौद्योगिक $NaNO_3$ में NaCl की मात्रा ज्ञात करने के लिये 2.00g $NaNO_3$ जल में विलीन किया गया ग्रौर इस विलयन में बड़ी मात्रा में $AgNO_3$ विलयन मिलाया गया। प्राप्त ग्रवक्षेप को धोकर सूखा किया गया। इसका द्रव्यमान 0.287g निकला। ग्रारंभिक नमूने में NaCl का द्रव्यमान ज्ञात करें।

ग्रपना ज्ञान परखिये

132. हाइड्रोजन का सरलतम सूत्र NH_2 है। इसका सही सूत्र बताइये, ग्रगर वायु के प्रति हाइड्रोजन वाष्प का घनत्व 1.1 है: (a) NH_2; (b) N_2H_4;(c) N_3H_6.

133. हाइड्रोजन के साथ कार्बन के एक यौगिक का सरलतम सूत्र CH_2 है। यौगिक का सही सूत्र क्या है ग्रगर एक लीटर गैस का द्रव्यमान एक लीटर नाइट्रोजन के द्रव्यमान के बराबर है: (a) C_3H_6; (b) C_2H_4; (c) C_4H_8?

134. ग्राक्सीजन के साथ नाइट्रोजन के एक यौगिक का ग्राण्विक सूत्र क्या है ग्रगर हाइड्रोजन के प्रति इस गैस का घनत्व 15 है: (a) NO; (b) N_2O; (c) NO_2?

135. सामान्य परिस्थितियों में एक धातु ने 16.8ml H_2 विस्थापित की। हाइड्रोजन की इस मात्रा को NH_3 में परिवर्तित करने के लिये N_2 का कितना ग्रायतन ग्रावश्यक होगा ?
(a) 11.2ml; (b) 5.6ml; (c) 8.4ml.?

136. $CaCO_3$ के विभाजन से 11.2 लीटर CO_2 प्राप्त हुग्रा।

इस CO_2 को कार्बोनेट में परिवर्तित करने के लिये कितने KOH की जरूरत पड़ेगी :
(a) 56g; (b) 112g; (c) 28g.

137. एक विलयन लिया गया है। इसमें 90g NaOH तथा 73g HCl की अभिक्रिया की प्रकृति बताइये :

(a) उदासीन ; (b) अम्लीय : (c) क्षारीय।

अध्याय 2

अकार्बनिक यौगिकों के मुख्य वर्ग

अकार्बनिक यौगिकों का वर्गीकरण दो तरह से किया जा सकता है :

1. उनकी संरचना के आधार पर तथा

2. उनके गुणों (कार्यात्मक लक्षणों) के आधार पर।

संरचना के आधार पर वे द्वयी यौगिकों (दो तत्वों वाले यौगिकों) तथा बहुतत्वों वाले यौगिकों में विभाजित किये जाते हैं।

द्वयी यौगिकों की सूची में निम्न यौगिक आते है : आक्सीजन के साथ तत्वों के यौगिक (आक्साइड), हैलोजेनों के साथ (हैलाइड– फ्लुओराइड क्लोराइड, ब्रोमाइड, आयोडाइड), सल्फर के साथ (सल्फाइड) ; नाइट्रोजन के साथ (नाइट्राइड), फास्फोरस के साथ (फास्फाइड), कार्बन के साथ (कार्बाइड) तथा हाइड्रोजन के साथ धातुओं के यौगिक (हाइड्राइड)। द्वयी यौगिकों का नाम दो भागों से बनता है। पहले भाग का नाम कम वैद्युत ऋणात्मक (अधिक धात्विक) तत्व के लातीनी नाम का मूल लेकर रखा जाता है। दूसरे भाग का नाम तत्व के प्रातिपदिक में – ide जोड़कर प्राप्त किया जाता है। उदाहरण के लिये, Al_2O_3 ऐलुमिनियम आक्साइड होता है (परंतु OF_2 आक्सीजन फ्लुओराइड है क्योंकि आक्सीजन के मुकाबले फ्लुओरीन ज्यादा वैद्युत ऋणात्मक तत्व होता है), NaCl सोडियम क्लोराइड होता है, CaC_2 कैल्सियम कार्बाइड इत्यादि। अगर कम वैद्युत ऋणात्मक तत्व के आक्सीकरण की विभिन्न अवस्थाओं पर ध्यान दिया जाता है, तो कोष्टकों में उसके आक्सीकरण का स्तर रोमन अंकों में देते हैं। उदाहरणतया, कापर (I) आक्साइड CuO,

कापर (II) आक्साइड Cu_2O तथा फेरस (III) क्लोराइड $FeCl_3$।

द्वयी यौगिकों के कम ऋणात्मक अणु के आक्सीकरण स्तर की जगह इनके अधिक ऋणात्मक परमणुओं की संख्या शब्दों से लिख सकते हैं :

mono—di—tri—tetra—penta—hexa

आदि, जैसे कार्बन मानो-आक्साइड CO, कार्बन डाइआक्साइड CO_2 सल्फर हैक्सा-फ्लुओराइड SF_6, नाइट्रोजन डाइआक्साइड NO_2, नाइट्रोजन टेट्राआक्साइड N_2O_4 आदि। अधातुओं के जो हाइड्रोजन यौगिक अम्लीय गुण दर्शाते हैं, उन पर पिछले दिनों तक ये नियम लागू नहीं थे। उनके नाम अम्लों के नाम जैसे रखे जाते थे (आगे देखिये)। IUPAC ने यह सुझाव रखा है कि इन तत्वों के नाम हाइड्रोजन के द्वयी यौगिकों के नामों के आधार पर रखे जाने चाहियें, जैसे हाइड्रोजन क्लोराइड HCl तथा हाइड्रोजन सल्फाइड H_2S।

बहुतत्वों वाले यौगिकों में हाइड्रोक्साइड ग्रुप महत्वपूर्ण स्थान रखता है अर्थात वे पदार्थ जिनमें हाइड्रोक्साइड ग्रुप OH शामिल हैं तथा जिन्हें जल के साथ आक्साइडों का अनुबंध माना जा सकता है। इनमें क्षारक (क्षारकीय हाइड्रोक्साइड) जैसे NaOH तथा $Ca(OH)_2$ शामिल हैं और अम्ल भी (अम्लीय हाइड्रोक्साइड), जैसे HNO_3 तथा H_2SO_4। इनके अलावा वे पदार्थ भी इस ग्रुप में शामिल हैं जो अम्लीय और क्षारकीय दोनों गुण प्रदर्शित करते हैं (उभयधर्मी हाइड्रोक्साइड)। अम्लीय गुण प्रदर्शित करने वाले हाइड्रोक्साइडों के नाम अम्लों के नामों पर लागू नियमों के आधार पर रखे जाते हैं। क्षारकीय हाइड्रोक्साइडों के नाम रखने के लिये संगत तत्व के नाम के आगे "हाइड्रोक्साइड" शब्द लिख देते हैं तथा आवश्यकता पड़ने पर तत्व का आक्सीकरण स्तर रोमन अंकों द्वारा कोष्ठकों में लिख देते हैं। जैसे, लीथियम हाइड्रोक्साइड LiOH तथा फेरस (II) हाइड्रोक्सइड $Fe(OH)_2$।

कार्यात्मक लक्षणों के आधार पर अकार्बनिक यौगिक रासयानिक अभिक्रियाओं में उनके कार्यों की प्रकृति के अनुसार विभिन्न वर्गों में विभाजित किये जाते हैं। उदाहरणतया, आक्साइड दो ग्रुपो में बांटे जाते हैं: अलवणकारी तथा लवणकारी। लवणकारी क्रमश: क्षारकीय,

ग्रमलीय व उभयधर्मी ग्राक्साइडों में विभाजित किये जाते है।

क्षारकीय ग्राक्साइड वे होते हैं जो ग्रम्लों या ग्रम्लीय ग्राक्साइडों के साथ ग्रभिक्रिया करके लवण बनाते हैं। क्षारक क्षारकीय ग्राक्सइडों के संगत होते हैं। उदाहरण के लिये, क्षारक कैल्सियम हाइड्रोक्साइड $Ca(OH)_2$ कैल्सियम ग्राक्साइड CaO के संगत है तथा कैडमियम हाइड्रोक्साइड $Cd(OH)_2$ कैडमियम ग्राक्साइड CdO के।

ग्रम्लीय ग्राक्साइड उन ग्राक्साइडों को कहते हैं जो क्षारकों या क्षारकीय ग्राक्साइडों के साथ ग्रभिक्रिया करके लवण बनाते हैं। ग्रम्लीय ग्राक्साइड प्रत्यक्ष या ग्रप्रत्यक्ष रूप से जल के साथ मिलकर ग्रम्ल बनाते हैं। जैसे, सिलिकन डाइग्राक्साइड SiO_2 – सिलिसिक ग्रम्ल H_2SiO_3 बनाता है तथा डाइनाइट्रोजन पेंटाग्राक्साइड N_2O_5 – नाइट्रिक ग्रम्ल H_2NO_3 बनाता है।

संगत ग्रम्ल से जल ग्रलग करके ग्रम्लीय ग्राक्साइड प्राप्त किये जा सकते हैं जिसके कारण इन्हें ग्रम्लीय एनहाइड्राइड भी कहते हैं।

जो ग्राक्साइड ग्रम्लों तथा क्षारकों दोनों के साथ ग्रभिक्रिया करके लवण बनाते हैं, उन्हें उभयधर्मी ग्राक्साइड कहते हैं। ZnO, Al_2O_3, SnO, SnO_2, PbO तथा Cr_2O_3 ग्रादि ग्राक्साइड उभयधर्मी ग्राक्साइडों में गिने जाते हैं।

ग्रलवणकारी ग्राक्साइड न तो ग्रम्लों के साथ ग्रभिक्रिया करते हैं ग्रौर न ही क्षारकों के साथ डाइनाइट्रोजन मोनोग्राक्साइड (I) N_2O तथा नाइट्रोजन (II) मोनोग्राक्साइड NO ग्रलवणकारी ग्राक्साइडों के उदाहरण हैं।

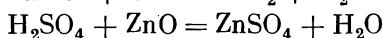
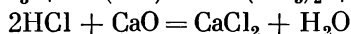
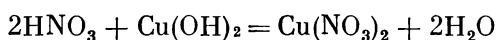
ग्राक्सीजन के साथ तत्वों के ऐसे यौगिक होते हैं जो संरचना की दृष्टि से ग्राक्साइडों के ग्रुप में रखे जाते हैं, परंतु संरचना ग्रौर गुण के कारण वे लवणों के वर्ग में ग्राते हैं। इन यौगिकों को पर ग्राक्साइड कहते हैं।

हाइड्रोजन परग्राक्साइड H_2O_2 के लवणों को परग्राक्साइड कहते हैं जैसे, Na_2O_2 तथा CaO_2। इन यौगिकों की संरचना की यह विशेषता है कि इनमें द्वि ग्रनुबंधी ग्राक्सीजन परमाणु —O—O— ("ग्राक्सीजन पुल") उपस्थित होते हैं।

जहां तक कार्यात्मक लक्षणों की बात है तो ग्रम्ल ग्रकार्बनिक

यौगिकों का एक महत्वपूर्ण वर्ग बनाते हैं। विद्युत-अपघटनी वियोजन सिद्धांत के अनुसार अम्ल उन पदार्थों को कहते हैं जो किसी विलयन में वियोजित होने की क्षमता रखते हैं तथा जिसके परिणामस्वरूप हाइड्रोजन आयन बनते हैं। अम्ल व भस्म संबंधी प्रोटोन सिद्धांत के अनुसार अम्ल वे पदार्थ होतें हैं जो प्रोटोनों का दान कर सकते हैं अर्थात जो हाइड्रोजन आयन छोड़ सकते हैं।

अम्लों की एक विशेषता यह है कि वे क्षारकों तथा क्षारकीय और अभयधर्मी आक्साइडों के साथ अभिक्रिया करके लवण बनाने की क्षमता रखते हैं, जैसे:

$$2HNO_3 + Cu(OH)_2 = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O$$
$$2HCl + CaO = CaCl_2 + H_2O$$
$$H_2SO_4 + ZnO = ZnSO_4 + H_2O$$

अम्लों के अंदर आक्सीजन की उपस्थित के अनुसार वे दो ग्रुपों में बांटे जाते हैं: आक्सीअम्ल अर्थात आक्सीजन गर्भित अम्ल (जैसे, H_2SO_4 तथा HNO_3) और आक्सीजनरहित अर्थात वे अम्ल जिनमें आक्सीजन नहीं है (जैसे HBr तथा H_2S)। अम्ल के एक अणु में उपस्थित हाइड्रोजन परमाणुओं की संख्या के आधार पर (जो धातु के परमाणुओं द्वारा विस्थापित होने की क्षमता रखते हैं) अम्ल एक क्षारक (जैसे, हाइड्रोजन क्लोराइड HCl तथा नाइट्रिक अम्ल HNO_2) द्विक्षारक (सल्फ्यूरस अम्ल H_2SO_3 तथा कार्बोनिक अम्ल H_2CO_3), त्रिक्षारक (आर्थोफ्स्फोरिक अम्ल H_3PO_4) आदि होते हैं।

अम्लों के नाम उनको बनाने वाले तत्वों के नामों पर रखे जाते हैं। आक्सीजनरहित अम्लों के नाम अधातुओं के द्वयी अम्लों के नामों की तरह रखे जाते हैं। इनमें वे अम्ल भी शामिल हैं जिनमें कई तत्व उपस्थित होते हैं, जैसे, हाइड्रोजन सायनाइड HCN आदि। चिरप्रतिष्ठित प्रणाली के अनुसार, जो आज भी कई पुस्तकों में अपनायी जा रही है, आक्सीजनरहित अम्लों के नाम में उपसर्ग hydro या hydr तथा अंतसर्ग (प्रत्यय) – ic लिखे जाते हैं। hydro शब्द तत्व के नाम के आगे और ic इसके अंत में आते हैं। हाइड्रोक्लोरिक अम्ल HCl तथा हाइड्रोसायनिक अम्ल HCN इसके उदाहरण हैं।

आक्सीअम्लों के नाम भी उनको बनाने वाले तत्वों के नाम पर रखे जाते हैं। परंतु यहां तत्वों के आक्सीकरण का स्तर उनके नाम में व्यक्त होता है। इस उद्देश्य से उपसर्ग per — तथा hypo और प्रत्यय – ic तथा – ous इस्तेमाल किये जाते हैं। आक्सीकरण की चार अवस्थाओं के अनुकूल आक्सीअम्लों के नामों के उदाहरण निम्न हैं: परक्लोरिक अम्ल $HClO_4$, क्लोरिक अम्ल $HClO_3$, क्लोरस अम्ल $HClO_2$ तथा हाइड्रोक्लोरस अम्ल $HClO$ (आम तौर पर $HOCl$ लिखते हैं)। आक्सीकरण की अवस्थाओं की संख्या दो होने पर प्रत्यय – ic आक्सीकरण का उच्च स्तर दर्शाता है तथा प्रत्यय – ous – निम्न स्तर (सल्फ्यूरिक अम्ल H_2SO_4 तथा सल्फ्यूरस अम्ल H_2SO_3)।

जब कोई तत्व एक ही आक्सीकरण अवस्था में कई अम्ल बनाता है और प्रत्येक अम्ल के एक अणु में तत्व का एक परमाणु उपस्थित होता है (उदाहरणतया, HPO_3 तथा H_3PO_4), तो उपसर्ग meta – उस अम्ल के नाम के साथ जोड़ दिया जाता है, जिसमें आक्सीजन परमाणुओं की संख्या निम्नतम होती है तथा उपसर्ग Ortho – उस अम्ल के नाम के साथ, जिसमें आक्सीजन परमाणुओं की संख्या अधिकतम होता है (मेटाफस्फोरिक अम्ल HPO_3 तथा आर्थोफस्फोरिक अम्ल H_3PO_4)। अगर किसी अम्ल के अणु में अम्ल बनाने वाले तत्व के दो परमाणु उपस्थित होते हैं, तो उसके नाम के पहले उपसर्ग di – जोड़ दिया जाता है (डाइफास्फोरिक अम्ल $H_4P_2O_7$ तथा डाइसल्फ्यूरिक अम्ल $H_2S_2O_7$)।

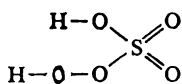
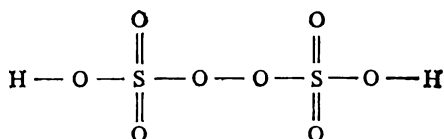
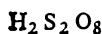
जिन अम्लों में परमाणुओं – O – O – का ग्रुप उपस्थित होता है, उन्हें हाइड्रोजन परआक्साइड का व्युत्पाद माना जा सकता है। उन्हें पर अम्ल कहते हैं। आवश्यकता पड़ने पर इन अम्लों के नाम के बाद अणु में अम्ल बनाने वाले तत्व के परमाणुओं लिख दी जाती है, जैसे।

H_2SO_5

```
H—O     O
   \   //
    S
   /   \\
H—O—O     O
```

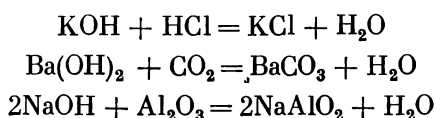
परसल्फूरिक अम्ल

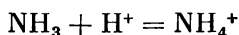
$H_2S_2O_8$

```
        O               O
        ||              ||
H — O — S — O — O — S — O — H
        ||              ||
        O               O
```

परडाइसल्फूरिक अम्ल

अम्लों के अलावा अकार्बनिक यौगिकों का एक और महत्वपूर्ण वर्ग होता है – क्षारक। विद्युत अपघटनी वियोजन सिद्धांत के अनुसार क्षारक उन पदार्थों को कहते हैं जो विलयन में वियोजित होकर हाइड्रोक्साइड आयन अर्थात क्षारीय हाइड्रोक्साइड बनाने की क्षमता रखते हैं।

क्षारकों का एक महत्वपूर्ण गुण यह होता है कि वे अम्लों, अम्लीय तथा उभयधर्मी आक्साइडों के साथ अभिक्रिया करके लवण बनाते हैं, जैसे :

$$KOH + HCl = KCl + H_2O$$
$$Ba(OH)_2 + CO_2 = BaCO_3 + H_2O$$
$$2NaOH + Al_2O_3 = 2NaAlO_2 + H_2O$$

प्रोटोन सिद्धांत के अनुसार क्षारक उन पदार्थों को कहते हैं जो प्रोटोनों को ग्रहण कर सकते हैं अर्थात एक हाइड्रोजन आयन संयोजित कर सकते हैं। इस दृष्टिकोण से क्षारकीय हाइड्रोक्साइडों के अलावा कुछ और पदार्थ भी क्षारक माने जा सकते हैं, जैसे अमोनिया, जिसका अणु एक प्रोटोन ले कर अमोनियम आयन बना सकता है :

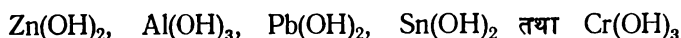
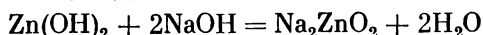
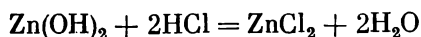
$$NH_3 + H^+ = NH_4^+$$

यह बात सही है कि अमोनिया क्षारकीय हाइड्रोक्साइडों की तरह अम्लों के साथ अभिक्रिया करके लवण बना सकता है :

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

क्षारक के साथ संयोजित प्रोटोनों की संख्या के आधार पर क्षारक एक अम्लीय (जैसे, LiOH, KOH, NH_3) द्वि-अम्लीय [जैसे, $Ca(OH)_2$, $Fe(OH)_2$] आदि हो सकते हैं।

उभयधर्मी हाइड्रोक्साइड जलीय विलयनों में दोनों तरह से वियोजित हो सकते हैं: अम्लों की तरह भी (हाइड्रोजन धनायन उत्पन्न होते हैं) तथा क्षारकों की तरह भी (हाइड्रोक्साइड ऋणायन उत्पन्न होते हैं), वे प्रोटोनों के दाता भी हो सकते हैं और ग्रहीता भी। यही कारण है कि उभयधर्मी हाइड्रोक्साइड अम्लों और क्षारकों के साथ अभिक्रिया करके लवण बनाते हैं। जब वे अम्लों के साथ

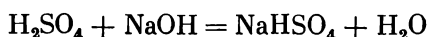
अभिक्रिया करते हैं, तब वे क्षारकों के गुण प्रदर्शित करते हैं और जब क्षारकों के साथ अभिक्रिया करते हैं, तब अम्लों के गुण प्रदर्शित करते हैं :

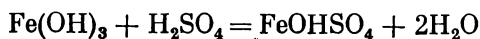
$$Zn(OH)_2 + 2HCl = ZnCl_2 + 2H_2O$$
$$Zn(OH)_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$

$Zn(OH)_2$, $Al(OH)_3$, $Pb(OH)_2$, $Sn(OH)_2$ तथा $Cr(OH)_3$ उभयधर्मी हाइड्रोक्साइडों के उदाहरण हैं।

अम्ल के अणु में धातु के परमाणुओं द्वारा हाइड्रोजन के परमाणुओं के पूर्ण या आंशिक प्रतिस्थापन या अम्लीय अवशेषों द्वारा क्षारकीय हाइड्रोक्साइड के अणु में हाइड्रोक्साइल ग्रुप के पूर्ण या आंशिक प्रतिस्थापन के उत्पादों को लवण कहते हैं। अम्ल के अणु में हाइड्रोजन परमाणुओं के पूर्ण प्रतिस्थापन से उदासीन (या सामान्य) लवण प्राप्त होते हैं तथा अपूर्ण प्रतिस्थापन के फलस्वरूप अम्लीय लवण प्राप्त होते हैं। अम्लीय लवण बहुक्षारकी अम्लों से प्राप्त होते हैं।

क्षारकीय हाइड्रोक्साइड अणु में अम्लीय अवशेषों द्वारा हाइड्रोक्साइल ग्रुप के पूर्ण या आंशिक प्रतिस्थापन के फलस्वरूप क्षारकीय लवण (hydroxo लवण) प्राप्त होते हैं। क्षारकीय लवण केवल बहुअम्लीय हाइड्रोक्साइडों से प्राप्त किये जा सकते हैं।

अम्लीय लवण तब प्राप्त होते हैं जब क्षारकों के साथ अम्लों की अभिक्रिया में क्षारक की मात्रा उदासीन लवण के निर्माण के लिये कम होती है, जैसे :

$$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O$$

क्षारकीय लवण तब प्राप्त होते हैं जब अभिक्रिया में अम्ल की मात्रा उदासीन लवण के निर्माण के लिये कम पड़ जाती है, जैसे :

$$Fe(OH)_3 + H_2SO_4 = FeOHSO_4 + 2H_2O$$

लवणों के नाम अम्ल के धनायन तथा ऋणायन के नामों से बनाये जाते हैं (सोडियम क्लोराइड, कापर सल्फेट इत्यादि)। जहां ऋणायन का नाम अम्ल बनाने वाले तत्व के लातीनी नाम के मूल से लिया जाता है (उदाहरणतया, कैल्सियम प्लम्बेट)। आवश्यकता पड़ने पर

धनायन बनाने वाली धातु के ग्राक्सीकरण का स्तर कोष्ठक में रोमन ग्रंकों में लिख देते हैं।

ग्राक्सीजनरहित ग्रम्ल के ऋणायन को प्रत्यय – ide दे देते हैं, जैसे, सोडियम ब्रोमाइड NaBr, फेरस (II) सल्फाइड FeS तथा पोटेशियम सायनाइड KCN।

ग्रम्ल बनाने वाले तत्व के ग्राक्सीकरण की उच्च ग्रवस्था के लिये ग्राक्सीजन सहित ग्रम्लों के ऋणायनों के नामों को प्रत्यय ate दे देते हैं तथा ग्राक्सीकरण की निम्न ग्रवस्था के लिये प्रत्यय – ite। जब ग्रम्लों के लिये उपसर्ग per – तथा hypo – इस्तेमाल करते हैं तब उनके लवणों के नामों में ये उपसर्ग रहने देते हैं। उदाहरणतया, सल्फ्यूरिक ग्रम्ल के लवण सल्फेट, सल्फ्यूरस ग्रम्ल के – सल्फाइट, परक्लोरिक ग्रम्ल के – परक्लोरेड तथा हाइपोक्लोरस ग्रम्ल के – हाइपोक्लोराइड कहलाते हैं।

ग्रगर ग्रम्ल के एक ग्रणु में ग्रम्ल बनाने वाले तत्व के दो परमाणु उपस्थित होते हैं तो ऋणायन के नाम के साथ उपसर्ग di – जोड़ देते हैं, जैसे डाइसल्फ्यूरिक ग्रम्ल $H_2S_2O_7$ के लवणों को डाइसल्फ़ेट तथा डाइफास्फोरिक ग्रम्ल $H_4P_2O_7$ के लवणों को डाइफास्फेट कहते हैं।

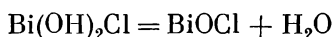
पर ग्रम्लों के ऋणायनों के नाम उपसर्ग per – जोड़ कर रखे जाते हैं, जैसे, परसल्फ्यूरिक ग्रम्ल H_2SO_5 के लवणों को परसल्फेट तथा परडाइसल्फ्यूरिक ग्रम्ल $H_2S_2O_8$ के लवणों को परडाइसल्फेट कहते हैं।

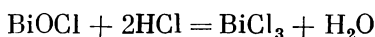
सर्वाधिक महत्वपूर्ण ग्रम्लों तथा उनके लवणों के नाम परिशिष्ट में दिये गये हैं (सारणी 4)।

ग्रम्लीय लवणों के नाम उदासीन लवणों के नामों की तरह रखे जाते हैं। परन्तु ग्रम्लीय लवणों के नाम के पहले उपसर्ग "हाइड्रो" लिख देते हैं। यह उपसर्ग हाइड्रोजन के उन परमाणुग्रों की उपस्थिति का प्रतीक है जो ग्रभिक्रिया में प्रस्थापित नहीं हुए। इन परमाणुग्रों की संख्या युनानी ग्रंकों di, tri ग्रादि से द्योतित होती है। उदाहरणतया, बेरियम हाइड्रोकार्बोनेट $Ba(HCO_3)_2$, सोडियम डाइहाइड्रो ग्रार्थोग्रार्सेनेट NaH_2AsO_4 तथा लीथियम हाइड्रोसल्फाइड LiHS।

क्षारकीय लवणों के नाम भी उदासीन लवणों के नामों की तरह रखे जाते हैं। फर्क केवल इतना है कि इनके नामों के साथ हाइड्रोक्सो शब्द और जोड़ देते हैं जो प्रतिस्थापित न हुए हाइड्रोक्सो ग्रुपों की उपस्थिति बताता है। उदाहरणतया, फेरस (II) क्लोराइड हाइड्रोक्साइड $FeOHCl$, निकेल सल्फेट हाइड्रोक्साइड $(NiOH)_2SO_4$, ऐलुमिनियम नाइट्रेट डाइहाइड्रोक्साइड $Al(OH)_2NO_3$ आदि।

कई बार क्षारकीय लवण के निर्माण के दौरान जल मुक्त होता है, जैसे

$$Bi(OH)_2Cl = BiOCl + H_2O$$

इस प्रकार प्राप्त लवणों (आक्सो-लवणों) में हाइड्रोक्साइड ग्रुप विद्यमान नहीं होता, परंतु क्षारकीय लवणों के गुण उनके अंदर बने रहते हैं, विशेष रूप से अम्लों के साथ अभिक्रिया में उदासीन लवण उत्पन्न करने की क्षमता :

$$BiOCl + 2HCl = BiCl_3 + H_2O$$

आक्सो-लवणों (BiO^+, SbO^+, UO_2^{2+} आदि) में आक्सीजन सहित ऋणायनों के नाम रखने के लिये धातु के लातीनी नाम के मूल के साथ प्रत्यय – yl जोड़ देते हैं: बिस्मथिल BiO^+, स्टिबिल (ऐंटिमोनिल) SbO^+, , यूरेनिल UO_2^{2+}। इस प्रकार $BiOCl$ को बिस्मथिल क्लोराइड कहते हैं तथा $UO_2(NO_3)_2$ को यूरेनिल नाइट्रेट, आदि।

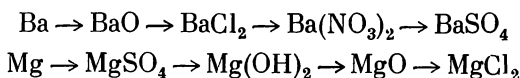
प्रश्न

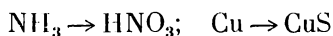
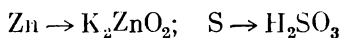
138. निम्न अम्लों के एनहाइड्राइडों के सूत्र लिखिये: H_2SO_4, H_3BO_3, $H_4P_2O_7$, $HOCl$, $HMnO_4$।

139. निम्न हाइड्रोक्साइडों के अनुसार आक्साइडों के सूत्र लिखिये: H_2SiO_3, $Cu(OH)_2$, H_3AsO_4, H_2WO_4, $Fe(OH)_3$।

140. उन अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये जिनकी सहायता से निम्न रूपांतरण संभव हो सकेंगे :

$$Ba \rightarrow BaO \rightarrow BaCl_2 \rightarrow Ba(NO_3)_2 \rightarrow BaSO_4$$

$$Mg \rightarrow MgSO_4 \rightarrow Mg(OH)_2 \rightarrow MgO \rightarrow MgCl_2$$

141. उन अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये, जिनसे निम्न रूपांतरण संभव हो सकते हैं:

$$Zn \rightarrow K_2ZnO_2; \quad S \rightarrow H_2SO_3$$
$$NH_3 \rightarrow HNO_3; \quad Cu \rightarrow CuS$$

142. निम्न गैसों में से कौनसी गैसें क्षारीय विलयन के साथ अभिक्रिया करती हैं: HCl, H_2S, NO_2, N_2, Cl_2, CH_4, SO_2, NH_3? प्राप्त अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये।

143. अगर आपके पास $CuSO_4$, $AgNO_3$, K_3PO_4, $BaCl_2$ हो, तो कौन-कौनसे लवण प्राप्त किये जा सकते हैं। अभिक्रियाओं के समीकरण तथा प्राप्त लवण के नाम लिखिये।

144. निम्न यौगिकों के नाम बताइये: K_2O_2, MnO_2, BaO_2, MnO, CrO_3, V_2O_5.

145. ZnO, Al_2O_3, $Sn(OH)_2$ तथा $Cr(OH)_3$ की उभयधर्मी प्रकृति कैसे सिद्ध कर सकते हैं?

146. क्या ऐसा विलयन प्राप्त किया जा सकता है जिसमें निम्न तत्व एक साथ उपस्थित हों (a) $Ba(OH)_2$ तथा HCl; (b) $CaCl_2$ तथा Na_2CO_3; (c) $NaCl$ तथा $AgNO_3$; (d) KCl तथा $NaNO_3$? कौन-कौनसे जोड़ें असंभव हैं और क्यों?

147. निम्न अम्लों में से कौनसे अम्ल अम्लीय लवण बनाते हैं: HI, H_2Se, H_2SeO_3, $H_2C_2O_4$, CH_3COOH?

148. निम्न आक्साइडों की जल के साथ सीधी अभिक्रिया से कौनसे अम्ल प्राप्त किये जा सकते हैं: P_2O_5, CO_2, N_2O_5, NO_2, SO_2?

149. नीचे दिये किन किन पदार्थों के साथ हाइड्रोक्लोरिक अम्ल अभिक्रिया करता है: N_2O_5, $Zn(OH)_2$, CaO, $AgNO_3$, H_3PO_4, H_2SO_4? अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये।

150. नीचे दिये पदार्थों में से कौनसे पदार्थ सोडियम हाइड्रोक्साइड के साथ अभिक्रिया करते हैं: HNO_3, CaO, CO_2, $CuSO_4$, $Cd(OH)_2$, P_2O_5? अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये।

151. FeO, CS_2O, HgO तथा Bi_2O_3 के भस्मीय गुणों का प्रदर्शन करने वाली ग्रभिक्रियाग्रों के समीकरण लिखिये।

152. SeO_2, SO_3, Mn_2O_7, P_2O_5 तथा CrO_3 के ग्रम्लीय गुण प्रमाणित करने वाली ग्रभिक्रियाग्रों के समीकरण लिखिये।

153. मैग्नीशियम क्लोराइड प्राप्त करने की ग्रभिक्रियाग्रों के समीकरण लिखिये। (a) धातु पर ग्रम्ल की ग्रभिक्रिया का ; (b) भस्म पर ग्रम्ल की ग्रभिक्रिया का ; (c) लवण पर लवण की ग्रभिक्रिया का।

154. ग्रम्लों ग्रौर भस्मों के बीच ग्रभिक्रियाग्रों से निम्न लवण प्राप्त हुए : $NaNO_3$, $NaHSO_4$, Na_2HPO_4, K_2S तथा $Fe_2(SO_4)_3$। ग्रभिक्रियाग्रों के समीकरण लिखिये।

155. ग्रम्ल की लवण के साथ ग्रभिक्रिया से कौनसे पदार्थ प्राप्त हो सकते हैं? ग्रम्ल की भस्म के साथ ग्रभिक्रिया से? ग्रौर लवण की लवण के साथ ग्रभिक्रिया से? प्रत्येक ग्रभिक्रिया के उदाहरण दें।

156. निम्न ग्रम्लों द्वारा प्राप्त पोटेशियम तथा कैल्सियम के उदासीन तथा ग्रम्लीय लवणों के सूत्र लिखिये : (a) कार्बोनिक ग्रम्ल द्वारा ; (b) ग्रार्सेनियस ग्रम्ल द्वारा।

157. निम्न लवणों के नाम बताइये : $SbONO_3$, $[Fe(OH)]_2CrO_4$, $(AlOH)SO_4$, $Cd(HS)_2$, $Ca(H_2PO_4)_2$।

158. सोडियम डाइहाइड्रोजन ग्रार्थोऐंटिमोनट, सोडियम मेटाक्रोमाइट, पोटेशियम हाइड्रोजन ग्रार्सेनेट तथा ऐलुमिनियम सल्फेट हाइड्रोक्साइड प्राप्त करने के लिये कौन-कौनसे पदार्थों की ग्रभिक्रिया करानी चाहिये? ग्रभिक्रियाग्रों के समीकरण लिखिये।

159. लवण $Mg_2P_2O_7$, $Ca_3(PO_4)_2$, $Mg(ClO_4)_2$ तथा $Ba(NO_3)_2$ निम्न ग्रभिक्रियाग्रों के परिणामस्वरूप प्राप्त हुए : (a) भस्मीय तथा ग्रम्लीय ग्रावसाइड की ग्रभिक्रिया से ; (b) भस्म तथा ग्रम्लीय ग्राक्साइड की ग्रभिक्रिया से ; (c) भस्मीय ग्राक्साइड तथा ग्रम्ल की ग्रभिक्रिया से ; (d) भस्म तथा ग्रम्ल की ग्रभिक्रिया से। ग्रभिक्रियाग्रों के समीकरण लिखिये।

160. प्रयोगशाला में निम्न पदार्थों को प्राप्त करने के लिये जो ग्रभिक्रियाएं की गयी हैं, उनके समीकरण लिखिये : (a) हाइड्रोजन

क्लोराइड ; (b) लेड सल्फाइड ; (c) बेरियम सल्फेट ; (d) सिल्वर आर्थोफास्फेट ; (e) फेरस (III) हाइड्रोक्साइड ; (f) कापर (II) नाइट्रेट।

161. निम्न लवणों के नाम बताइये : (a) $Zn(NO_3)_2$; (b) NaH_2SbO_4; (c) $K_2H_2P_2O_7$; (d) $Al(OH)_2NO_3$; (e) $CaCrO_4$; (f) K_3AsO_4; (g) $Na_2Cr_2O_7$; (h) $Ba(HSO_3)_2$ (i) $CrOHSO_4$; (j) $(CuOH)_2CO_3$ तथा (k) NaHS।

अपना ज्ञान परखिये

162. नीचे दिये हाइड्रोक्साइडों में से कौनसे भस्मीय लवण बना सकते हैं?
(a) $Cu(OH)_2$ (b) $Ca(OH)_2$; (c) LiOH; (d) $Al(OH)_3$; (e) KOH.

163. P_2O_5 किस अम्ल का एनहाइड्राइड है? (a) फास्फोरस ; (b) डाइफास्फोरिक ; (c) आर्थोफास्फोरिक।

164. Cl_2O_7 किस अम्ल का एनहाइड्राइड है? (a) परक्लोरिक ; (b) क्लोरिक ; (c) हाइपोक्लोरस।

165. निम्न यौगिकों में से कौनसे यौगिक परआक्साइड हैं?
(a) NO_2; (b) K_2O_2; (c) BaO_2; (d) MnO_2.

166. पोटेशियम हाइड्रोक्साइड को आर्थोआर्सेनिक अम्ल से उदासीन करने की अभिक्रिया में आर्थोआर्सेनिक अम्ल का तुल्य द्रव्यमान 142g/mol हुआ, अभिक्रिया में कौनसा लवण बना?
(a) पोटेशियम आर्थोआर्सेनेट ; (b) पोटेशियम हाइड्रोजन आर्थोआर्सेनेट ; (c) पोटेशियम डाइहाइड्रोजन आर्थोआर्सेनेट।

167. मैंगनिक अम्ल का सूत्र क्या है?
(a) $HMnO_4$; (b) H_4MnO_4; (c) H_2MnO_4।

168. बेरियम क्लोरेट का सूत्र क्या है?
(a) $BaCl_2$; (b) $Ba(OCl)_2$; (c) $Ba(ClO_3)_2$; (d) $Ba(ClO_2)_2$।

169. लवण $(CuOH)_2CO_3$ का नाम बताइये?
(a) कापर कार्बेनेट हाइड्रोक्साइड ; (b) कापर (II) कार्बोनेट हाइड्रो-क्साइड ; (c) कार्बोनेट डाइहाइड्रोक्साइड।

170. जिंक हाइड्रोक्साइड के एक मोल तथा आर्थोफास्फोरिक अम्ल

ि दो मोलों की अभिक्रिया से कौनसा लवण प्राप्त होता है ?
(a) जिंक आर्थोफास्फेट ; (b) जिंक डाइहाइड्रोजन आर्थोफास्फेट ; (c) जिंक आर्थोफास्फेट हाइड्रोक्साइड ; (d) जिंक हाइड्रोजन आर्थोफास्फेट।

171. मैग्नीशियम क्लोराइड हाइड्रोक्साइड से उदासीन लवण प्राप्त करने के लिये कौनसी अभिक्रिया करानी पड़ेगी ?

(a) $MgOHCl + NaOH$; (b) $MgOHClO_3 + NaOH$;
(c) $MgOHClO_3 + HCl$; (d) $MgOHCl + HCl$

अध्याय 3.

परमाणुओं की संरचना. विघटनाभिकता

1. परमाणुओं की इलेक्ट्रानिक संरचना. परमाणुओं की संरचना पर तत्वों के गुणों की निर्भरता

परमाणुओं की इलेक्ट्रानिक संरचना से संबंधित प्रश्नों को हल करते समय हमें इस तथ्य को याद रखना चाहिये कि परमाणु में एक इलेक्ट्रान की कोई भी स्थायी अवस्था क्वांटमी संख्याओं n, l, m तथा s के निश्चित मानों द्वारा लक्षित होती है। क्वांटमी संख्याओं n, l तथा m के निश्चित मानों के अनुकूल इलेक्ट्रान की अवस्था को परमाण्वीय इलेक्ट्रानी कक्षक कहते हैं।

प्रत्येक परमाण्वीय कक्षक (प० क०) आकाश में तरंगी फलन ψ के निश्चित विस्तार द्वारा प्रकट किया जाता है। तरंगी फलन का वर्ग आकाश के प्रदत्त क्षेत्र में इलेक्ट्रान ढूंढ़ने की संभावना निश्चित करता है। 0, 1, 2, 3 के बराबर l मानों के संगत परमाण्वीय कक्षकों को s —, —p, —d, तथा f— कक्षक कहते हैं । परमाणुओं की इलेक्ट्रानिक संरचनाओं के आरेखी चित्रों में प्रत्येक कक्षक को □ चिन्ह से दर्शाया जाता है।

पाउली अपवर्जन सिद्धांत के अनुसार एक परमाणु के अंदर ऐसे दो इलेक्ट्रान नहीं हो सकते जिनकी क्वान्टमी संख्याएं एक समान हों। इससे स्पष्ट होता है कि प्रत्येक परमाण्वीय कक्षक में दो से अधिक इलेक्ट्रान नहीं हो सकते तथा इनकी प्रचक्रण क्वान्टमी संख्याएं विभिन्न होनी चाहियें। इसे निम्न प्रतीक द्वारा व्यक्त किया जाता है: ↑↓

बहुइलेक्ट्रानिक परमाणु की स्थायी (अनुद्दीपित) अवस्था में प० क० पर इलेक्ट्रानों का ऐसा वितरण होता है कि इनकी परमाण्वीय ऊर्जा निम्न होती है। यही कारण है कि प० क० उनकी ऊर्जा की वृद्धि बढ़ने के क्रमानुसार भरे जाते हैं (पाउली अपवर्जन सिद्धांत का खंडन किये बिना)। प० क० में इलेक्ट्रानों का क्रम क्लेच्कोवस्की नियमों द्वारा निर्धारित करते हैं जिनमें मुख्य क्वान्टमी संख्या (n) तथा कक्षकीय क्वान्टमी संख्या (l), दोनों पर कक्षक की ऊर्जा की निर्भरता ध्यान रखी जाती है। इन नियमों के अनुसार प० क० $n+l$ के मान की क्रमिक वृद्धि के अनुसार इलेक्ट्रानों से भरे जाते हैं (क्लेच्कोवस्की का प्रथम नियम)। अगर इस संकुल की दोनों संख्याएं समान होती हैं, तो संख्या n की क्रमबद्ध वृद्धि के अनुसार (क्लेच्कोव्स्की का दूसरा नियम)।

उदाहरण 1. उपतल 4p भरने के बाद परमाणु में इलेक्ट्रान कौनसा उपतल भरते हैं?

हल: 4p उपतल के बराबर संकल $n+l$ है जो $4+1=5$ है। 3d $(3+2=5)$ तथा 5s $(5+0=5)$ $n+l$ के उसी संकल द्वारा व्यक्त किये गये हैं। परंतु 3d की अवस्था 4p की अवस्था की तुलना $n (n=3)$ के छोटे मान से लक्षित है। इसलिये उपतल 3d उपतल 4d से पहले भरा जायेगा। अत: उपतल 4p के भरने के बाद उपतल 5s भरा जायेगा जिसमें $n (n=5)$ का मान इकाई से ज्यादा है।

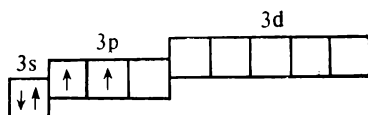
उदाहरण 2. उपतल 4s के बाद कौनसा उपतल भरा जायेगा?

हल: $n+l=4+0=4$ का संकल उपतल 4s के अनुकूल है। 3p उपताल $n+l$ के उसी संकल द्वारा प्रकट किया गया है, परंतु यह उपतल 4s उपतल से पहले भरा जाता है क्योंकि 4s मुख्य

क्वान्टमी संख्या के उच्च मान से लक्षित है। अतः उपतल 4s के बाद n + l = 5 संकल वाला उपतल भरा जायेगा; n + l के इस मान के सभी संभव संयोजनों में से सबसे पहले वह संयोजन कार्यान्वित किया जायेगा जिसमें मुख्य क्वान्टमी संख्या का मान निम्नतम होगा अर्थात उपतल 4s के भरने के बाद उपतल 3d भरा जायेगा।

एक ऊर्जा उपतल की सीमाओं के अंदर परमाणु कक्षकों में इलेक्ट्रानों का क्रम हुंड नियम की सहायता से ज्ञात किया जाता है। इस नियम के अनुसार एक निम्नतम ऊर्जा वाले परमाणुओं के इलेक्ट्रान प्रदत्त उपतल के प० क० पर इस प्रकार वितरित होते हैं कि परमाणु प्रचक्रण का संकल मान अधिकतम होता है। इलेक्ट्रानों के किसी अन्य क्रम पर परमाणु उद्दीपित अवस्था में होता है, अर्थात वह अधिक उच्च ऊर्जा से लक्षित होगा।

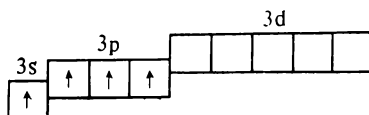
उदाहरण 3. सिलिकन परमाणु का इलेक्ट्रानी सूत्र विन्यास लिखिये तथा साधारण और उद्दीपित अवस्थाओं में इस परमाणु के संयोजकता कक्षक को इलेक्ट्रानों द्वारा भरने का रेखाचित्र बनाइये।

हल. हम सिलिकन परमाणु का इलेक्ट्रानी सूत्र लिखते हैं: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$। बाहरी (तीसरी) इलेक्ट्रानी सतह के कक्षक अर्थात 3s — 3p — तथा खाली 3d — कक्षक इस परमाणु में संयोजकता कक्षक हैं। इलेक्ट्रानों द्वारा इन कक्षकों के भरे जाने का रेखाचित्र निम्न होगा :

यहां 3p — उपतल में इलेक्ट्रानों का क्रम हुंड नियम के अनुसार दिखाया गया है : परमाणु के कुल प्रचक्रण का मान उच्चतम है। 3p उपतल में इलेक्ट्रानों का दूसरा संभव क्रम, उदाहरणतया, निम्न हो सकता है :

3p　　　　3p

जो परमाणु प्रचक्रण के संकल शून्य मान के बराबर हैं, अतः यह परमाणु की उद्दीपित अवस्था के संगत होगा।

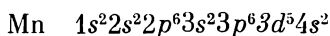
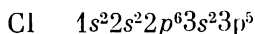
जब ऊर्जा की निश्चित मात्रा व्यय की जाती है, सिलिकन परमाणु के 3s इलेक्ट्रानों में से एक खाली 3p कक्ष में स्थानांतरित किया जा सकता है; इसके फलस्वरूप परमाणु की ऊर्जा में इतनी वृद्धि आ जाती है कि नया इलेक्ट्रान विन्यास ($1s^2 2s^2 2n^6 3s^1 3p^3$) भी सिलिकन की संभव उद्दीपित अवस्था के संगत हो जाता है:

इलेक्ट्रानी सदृशरूप उन तत्वों को कहते हैं जिनके संयोजकता इलेक्ट्रान जिन कक्षकों में स्थित होते हैं, उनका विन्यास इन सभी तत्वों के लिये एक जैसा होता है। तत्वों की आवर्त सारणी में इलेक्ट्रानी सदृशरूप एक उपग्रुप में रखे गये हैं।

उदाहरण 4. आवर्त सारणी में क्लोरीन और मैंगनीज एक ग्रुप में क्यों रखे गये हैं? इन दोनों तत्वों को विभिन्न उपग्रुपों में क्यों रखा जाता है?

हल. परमाणुओं का इलेक्ट्रानी विन्यास निम्न होता है:

Cl $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

Mn $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$

क्लोरीन के संयोजकता इलेक्ट्रान $3s^2 3p^5$ हैं तथा मैंगनीज के – $3d^5 4s^2$; अतः ये तत्व इलेक्ट्रानी सदृशरूप नहीं हैं तथा इन्हें एक उपग्रुप में नहीं रखा जाना चाहिये। परंतु इन तत्वों के परमाणुओं के संयोजकता कक्षकों में इलेक्ट्रानों की संख्या समान है – 7। इसी कारण दोनों तत्व आवर्त सारणी में एक ही ग्रुप में (सातवें) परंतु विभिन्न उपग्रुपों में रखे जाते हैं।

परमाणु से इलेक्ट्रान के पृथक होने में तथा परमाणु के धनात्मक आवेशित आयन बनने में जो ऊर्जा व्यय होती है, उसे आयनीकरण ऊर्जा कहते हैं। आयनीकरण की ऊर्जा को प्रायः इलेक्ट्रान वोल्ट (eV)

में व्यक्त करते हैं; 1eV 96.48 k J/mol आयनीकरण की ऊर्जा के संगत होता है।

आयनीकरण की ऊर्जा विद्युत-क्षेत्र में त्वरित इलेक्ट्रानों द्वारा परमाणुओं पर बमबारी से निश्चित की जाती है। जिस निम्नतम विभवान्तर पर इलेक्ट्रान का वेग परमाणुओं के आयतनीकरण के लिये पर्याप्त रहता है, उसे प्रदत्त तत्व के परमाणुओं का आयनीकरण विभव कहते हैं। वोल्ट (V) में व्यक्त आयतनीकरण विभव (I) सांख्यिक रूप से इलेक्ट्रानवोल्ट में व्यक्त आयनीकरण ऊर्जा (E) के बराबर होता है।

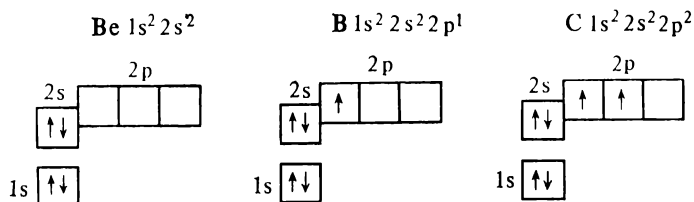
पर्याप्त परमाणु ऊर्जा व्यय करके परमाणु से दो, तीन या अधिक इलेक्ट्रान अलग किये जा सकते हैं। प्रथम आयनीकरण विभव प्रथम इलेक्ट्रान को अलग करने में व्यय हुई ऊर्जा के संगत होता है तथा द्वितीय आयनीकरण विभव – द्वितीय इलेक्ट्रान को पृथक करने में व्यय हुई ऊर्जा के, आदि।

जैसे-जैसे क्रम में परमाणु से इलेक्ट्रान पृथक किये जाते हैं, वैसे-वैसे बनने वाले आयन का धनात्मक आवेश बढ़ता जाता है। अतः प्रत्येक इलेक्ट्रान को पृथक करने के लिये ऊर्जा की आवश्यकता भी बढ़ती जाती है जिससे परमाणु के आयनीकरण विभव ($I_1, I_2, I_3 \ldots$) क्रम में बढ़ते जाते हैं। बेरिलियम, बोरान तथा कार्बन परमाणुओं के उदाहरणों से यह बात देखी जा सकती है:

	Be	B	C
I_1	9.3	8.3	11.3
I_2	18.2	25.2	24.4
I_3	253.9	37.9	47.9

आयनीकरण विभव विशेष रूप से बहुत तेजी से तब बढ़ता है जब पृथक गये इलेक्ट्रान की मुख्य क्वान्टमी संख्या पूर्ववर्ती इलेक्ट्रान की तुलना में छोटी होती है। उदाहरणतया, Be ($1s^2, 2s^2$) के लिये I_1 तथा I_2 के बीच अंतर I_2 तथा I_3 के बीच के अंतर के मुकाबले काफी कम है। इसका कारण यह है कि तीसरे इलेक्ट्रान को पृथक करने के लिये अधिक ऊर्जा की जरूरत पड़ेगी, जो पिछले दोनों, इलेक्ट्रानों से नाभिक के निकट स्थित है।

अन्य समान परिस्थितियों में आयनीकरण विभव जितना अधिक होता है, नाभिक का आवेश उतना ही अधिक तथा परमाणु या आयन की त्रिज्या उतनी ही कम होती है। इस दष्टिकोण से नाभिक के आवेश में वृद्धि के साथ-साथ आयनीकरण विभव में भी वृद्धि की प्रवृत्ति दिखाई देनी चाहिये (जब एक ही मुख्य क्वान्टमी संख्या वाला इलेक्ट्रान पृथक किया जाता है)। इसलिये Be के लिये I_1 तथा I_2 के मान वास्तव में C के मानों से कम हैं।

परंतु इसके अलावा आयनीकरण विभव परमाणु या आयन के इलेक्ट्रान विन्यास पर भी निर्भर करता है। विशेषतया पूर्ण या आधे भरे हुए उपतलों में बहुत ज्यादा स्थिरता होती है। ऊपर लिये गये परमाणुओं के इलेक्ट्रान विन्यासों की तुलना से यह बात स्पष्ट हो जाती है :

कि Be परमाणु का इलेक्ट्रान विन्यास सबसे ज्यादा स्थिर है (2s उपतल पूर्णतया भरा हुआ है); यही कारण है कि इसे आयनित करने के लिये ज्यादा ऊर्जा व्यय होती है। नाभिक के आवेश के बढ़ने के बावजूद भी बोरान में 2p इलेक्ट्रान को प्रथक करने में कम ऊर्जा की जरूरत पड़ती है।

प्रश्न

172. अगर किसी ऊर्जा उपतल की कक्षीय क्वान्टमी सख्या $l = 2$ तथा $l = 3$ हो, तो चुंबकीय क्वान्टमी संख्या m के कितने मान संभव होंगे ?

173. किसी परमाणु की इलेक्ट्रान सतह की मुख्य क्वान्टमी संख्या $n = 4$ है। उस परमाणु में इलेक्ट्रानों की अधिकतम संख्या कितनी हो सकती है ?

174. क्लेच्कोव्स्की के नियम द्वारा उन इलेक्ट्रानी कक्षकों के भरने का क्रम ज्ञात कीजिये, जिनके लिये $n+l$ का मान (a) 5, (b) 6 तथा (c) 7 है।

175. उस तत्व की परमाण्वीय संख्या बताइये जिसमें (a) इलेक्ट्रानों 4d कक्षक भरने का कार्य पूरा हो गया है और (b) 4p उपतल के भरने का काम शुरू होता है।

176. परमाणुओं में 5s उपतल के बाद कौनसा उपतल भरा जाता है?

177. किस तत्व में उपतल 4f के भरने का कार्य आरंभ होता है? किस तत्व में इस उपतल के भरने का काम पूरा हो जाता है?

178. परमाणुओं में 5p उपतल के बाद कौनसा उपतल भरा जाता है? और उपतल 5d के भरने के बाद कौनसा?

179. किन्हीं तत्वों के परमाणुओं के नभिकीय आवेश (a) 8, (b) 13, (c) 18, (d) 23, (e) 53, (f) 63 तथा (g) 83 हैं। इन परमाणुओं के इलेक्ट्रानी विन्यास लिखिये। इलेक्ट्रानों द्वारा परमाणुओं के संयोजकता कक्षकों के भरने के रेखाचित्र बनाइये।

180. निम्न इलेक्ट्रानी विन्यासों में से कौन-कौनसे विन्यास असंभव हैं और क्यों? (a) $1p^3$, (b) $3p^6$, (c) $3s^2$, (d) $2s^2$, (e) $2d^5$, (f) $5d^2$, (g) $3f^{12}$, (h) $2p^4$, (i) $3p^7$.

181. (a) Cl, (b) V तथा (c) Mn के उद्दीपित परमाणुओं में कितने खाली 3d कक्षक उपस्थित होते हैं?

182. (a) B, (b) S, (c) As, (d) Cr, (e) Hg तथा (f) Eu उद्दीपित परमाणुओं में कितने अयुग्मित इलेक्ट्रान उपस्थित हैं?

183. आयन Fe^{2+} तथा आयन Fe^{3+} के इलेक्ट्रानी विन्यासों का रेखाचित्र बनाइये। आयन Fe^{3+} के इलेक्ट्रानी विन्यास की उच्च स्थिरता का कारण कैसे समझा सकते हैं?

184. कापर तथा क्रोमियम परमाणुओं के इलेक्ट्रानी विन्यासों की विशेषताएं बताइये। इन तत्वों के अनुद्दीपित परमाणुओं में कितने 4s इलेक्ट्रान स्थित होते हैं?

185. किसी तत्व के एक परमाणु की संयोजकता इलेक्ट्रानी सतह

का विन्यास (a) $5s^2 5p^4$ तथा (b) $3d^5 4s^1$ है। तत्व की क्रमिक संख्या तथा इसका नाम बताइये।

186. किसी परमाणु का इलेक्ट्रानी विन्यास $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ है। तत्व का नाम क्या है?

187. आयनों (a) Sn^{2+}, (b) Sn^{4+}, (c) Mn^{2+}, (d) Cu^{2+}, (l) Cr^{3+}, (f) S^{2-} के इलेक्ट्रानी विन्यास लिखिये।

188. तत्वों के किन आवर्तों में बाह्य सतही इलेक्ट्रानों के लिये $n+l$ का मान 5 होगा?

189. आवर्त सारणी के छटे ग्रुप के तत्वों में इलेक्ट्रानी सदृशरूपों की सूची बताइये। इन तत्वों के परमाणुओं में संयोजकता इलेक्ट्रानी उपतलों के इलेक्ट्रानी विन्यास साधारण रूप में लिखिये।

190. आवर्त सारणी में क्रोमियम तथा सल्फर, फास्फोरस तथा वैनेडियम एक ग्रुप में क्यों रखे गये हैं? ये तत्व विभिन्न उपग्रुपों में क्यों रखे गये हैं?

191. कापर और पोटेशियम एक ही ग्रुप में और एक ही आवर्त में रखे गये हैं, परंतु कापर का परमाण्वीय आयतन पोटेशियम से कम है। ऐसा क्यों है?

192. किसी कार्बन परमाणु के आयनीकरण विभव (V में) का क्रम निम्न है : $I_1=11.3$, $I_2=24.4$, $I_3=47.9$, $I_4=64$ तथा $I_5=392$। (a) आयन विभवों में परिवर्तन का क्रम तथा (b) I_4 से I_5 में तीव्र छलांग का कारण बताइये।

193. उत्कृष्ट गैस परमाणुओं में आयन ऊर्जाएं (eV में) निम्न हैं : He — 24.6, Ne — 21.6, Ar — 15.8, Kr — 14.0, Xe — 12.1 तथा Rn — 10.8। इस उपग्रुप में आयनी ऊर्जा में परिवर्तन का क्रम समझाइये।

194. आवर्त सारणी के I ग्रुप के तत्वों के प्रथम आयनीकरण विभवों के मान निम्न हैं: Li — 5.4, Cs — 3.9, Cu 7.7 तथा Ag — 9.2। यह बताइये कि (a) I ग्रुप के किस उपग्रुप के तत्वों में धात्विक गुण ज्यादा सुस्पष्ट हैं तथा (b) उपग्रुपों में आयन विभवों के मानों के क्रम में अंतर किस तरह समझा सकते हैं?

195. लीथियम का संयोजकता इलेक्ट्रान 6s उपतल तक उद्दीपित

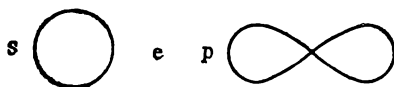
किया गया है। क्या इनके परमाणुओं के आयनीकरण की ऊर्जा समान होगी? उत्तर के पक्ष में तर्क दीजिये।

196. दूसरे आवर्त के तत्वों के परमाणु क्रमांकों में वृद्धि के अनुसार उनके प्रथम आयन विभव का मान किस प्रकार बदलता है? Be परमाणु का प्रथम आयन विभव Li तथा B परमाणुओं के प्रथम आयन विभव से अधिक होता है – इस तथ्य को किस तरह से समझ सकते हैं?

197. Mg — Al — Si पंक्ति में आयन विभव (eV में) की ऊर्जा में परिवर्त्तन क्यों होता है?

	Mg	Al	Si
I_1	7.6	6.0	8.2
I_2	15.0	18.8	16.3
I_3	80.1	28.4	33.5

अपना ज्ञान परखिये

198. निम्न परमाणु-कक्षकों का आम तौर पर क्या भौतिकीय अर्थ होता है?

(a) समान इलेक्ट्रानी घनत्व वाली सतह, जिसके अंदर इलेक्ट्रानी अभ्र का कोई भी भाग बंद है; (b) इलेक्ट्रान का प्रक्षेप-पथ; (c) सतह, जिसके अंदर इलेक्ट्रानी अभ्र बंद है; (d) समान इलेक्ट्रानी घनत्व वाली सतह, जिसके अंदर इलेक्ट्रानी अभ्र का कोई निश्चित भाग बंद है।

199. अगर मुख्य क्वान्टमी संख्या का मान स्थिर होता है, तो बहुइलेक्ट्रानी परमाणु में इलेक्ट्रान की ऊर्जा कक्षीय क्वान्टमी संख्या पर किस प्रकार निर्भर करती है? (a) यह l के मान की वृद्धि के साथ बढ़ती जाती है; (b) यह l के मान की वृद्धि के अनुसार घटती जाती है; (c) यह स्थिर रहती है।

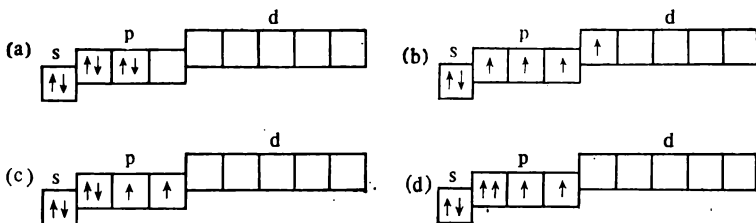
क्योंकि (1) इलेक्ट्रानी अभ्र के आकार केवल मुख्य क्वान्टमी संख्या n के मान द्वारा निर्धारित किये जाते हैं; (2) n के एक जैसे मान

पर l के अधिक मान वाले इलेक्ट्रान आंतरिक इलेक्ट्रानों द्वारा ज्यादा अच्छी तरह से स्क्रीन किये जाते हैं; (3) l का मान बढ़ने से उपतल के विपोषण का स्तर निम्न हो जाता है।

200. तत्वों Li, Be, B, C, N, O, F तथा Ne की पंक्ति में आयनीकरण के प्रथम विभवों के मान किस प्रकार बदलते हैं? (a) वे बढ़ जाते हैं; (b) वे कम हो जाते हैं; (c) वे अनियमित रूप से बदलते रहते हैं परंतु उनमें वृद्धि की प्रवृति होती है।

201. बेरिलियम और बोरान में से कौनसे तत्व का प्रथम आयनीकरण विभव अधिक होता है? (a) Be का; (b) B का।

क्योंकि (1) Be से B की ओर आते हुए नाभिक का आवेश बढ़ जाता है; (2) पूर्णतया भरे उपतल के इलेक्ट्रानी विन्यास अधिक स्थिर होते है; (3) Be से B की ओर आते हुए परमाणु का आकार घट जाता है।

202. परमाणु की साधारण अवस्था का कौनसा विन्यास सही है?

क्योंकि (1) – -अवस्थाओं में हुंड नियम का खंडन होता है, (2) – - अवस्थाओं में पाउली अपवर्जन सिद्धांत का खंडन होता है; (3) – - अवस्थाओं में परमाणु की ऊर्जा निम्नतम नहीं है।

2. परमाण्वीय नाभिकों की संरचना. विघटनाभिकता. नाभिकीय प्रतिक्रियाएं

इस अनुच्छेद में रासायनिक चिन्ह तत्वों के परमाणुओं की जगह उनके नाभिकों के प्रतीक हैं। निचला सूचकांक नाभिक का आवेश बताता है, जो सांख्यिक रूप से आवर्त सारणी में तत्व के परमाणु

क्रमांक के बराबर होता है तथा ऊपर सूचकांक द्रव्यमान संख्या A द्योतिक करता है और यह Z+N के संकल के समान है, जहां Z– नाभिक में आवेशों की संख्या (p) है और N नाभिक में न्यूट्रानों की संख्या (n) है। किसी तत्व के सभी परमाणुओं के नाभिकों का आवेश एक समान होता है अर्थात उनमें प्रोटोनों की संख्या समान होती है; न्यूट्रानों की संख्या विभिन्न हो सकती है।

वे परमाणु जिनमें नाभिकीय आवेश तो एक समान होता है, परंतु द्रव्यमान संख्याएं भिन्न होती हैं, समस्थानिक कहलाते हैं (उदाहरणार्थ, $^{35}_{17}Cl$ तथा $^{37}_{17}Cl$)।

वे परमाणु जिनमें द्रव्यमान संख्याएं तो एक समान होती हैं, परंतु नाभिकों में प्रोटोनों की संख्या भिन्न होती है, समभारिक परमाणु कहलाते हैं (जैसे, $^{40}_{19}K$ तथा $^{40}_{20}Ca$)।

उदाहरण 1. किसी तत्व के एक समस्थानिक का चिन्ह $^{238}_{92}E$ है। (a) तत्व का नाम (b) उसके नाभिक में न्यूट्रानों और प्रोटोनों की संख्या तथा (c) उसके परमाणु के इलेक्ट्रानी कोश में इलेक्ट्रानों की संख्या बतायें।

हल. इष्ट तत्व के परमाणु का नाभिकीय आवेश 92 सांख्यिक रूप से आवर्त सारणी में इस तत्व के क्रमांक के समान है नंबर 92 का तत्व यूरेनियम है जिसका चिन्ह U है।

दिये गये नाभिक में न्यूट्रानों की संख्या $N=A-Z$ सूत्रानुसार 238–92 अर्थात 146 हुई।

परमाणु में इलेक्ट्रानों की संख्या उसके नाभिकीय आवेश के बराबर है, अतः इस प्रश्न में इलेक्ट्रानों की संख्या 92 हुई।

विघटनाभिकता वह परिघटना है जिसमें एक रासायनिक तत्व का अस्थायी समस्थानिक स्वेच्छापूर्वक किसी दूसरे तत्व के समस्थानिक में बदल जाता है तथा क्रिया के समय प्राथमिक कणों या नाभिकों का उत्सर्जन होता है।

बिघटनाभिक समस्थानिक के अर्धक्षय का काल (T 1/2) ऐसी अवधि है जिसके दौरान विघटनाभिक की प्रारंभिक मात्रा का आधा भाग विघटित होता है। प्रथम अर्ध-क्षयकाल में समस्थानिक N_0के 50% नाभिक विघटित होते हैं और $1/2N_0$ का भाग बच जाता है जो 2^{-1}

N_0 नाभिक के समान है। द्वितीय अर्ध-क्षयकाल में $2^{-1}N_0$ का आधा भाग विघटित होता है और $1/2 \times 2^{-1}N_0 = 2^{-2}N_0$ नाभिक बच जाते हैं, इत्यादि। अर्ध-क्षयकाल के अंत में आरंभिक समस्थानिक के $2^{-n}N_0$ नाभिक बाकी रह जाते हैं। अक्षयित समस्थानिक के द्रव्यमान (m) के लिये भी यह बात सही है: $m = 2^{-2}m_0$, जहां m_0 समस्थानिक का आरंभिक द्रव्यमान है।

उदाहरण 2. किसी विघटनाभिक समस्थानिक का अर्ध-क्षयकाल 3 घंटे है। अगर समस्थानिक का आरंभिक द्रव्यमान 200g था तो 18 घंटे में उसका कितना द्रव्यमान अक्षयित रहा?

हल. विघटनाभिक समस्थानिक के संचयन के दौरान $\frac{18}{3} = 6$ अर्ध-क्षयकाल बीते।

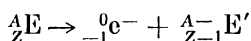
अतः 18 घंटे रखने के बाद अक्षयित समस्थानिक का द्रव्यमान निम्न सूत्र से ज्ञात किया जा सकता है:

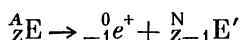
$$m = 2^{-n}\ \ m_0 = 2^{-6} \times 200 = \frac{200}{64} = 3.125\ \text{g}$$

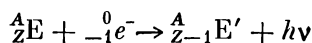
विघटनाभिक क्षय के मुख्य रूपों में α क्षय, β^- क्षय और β^+ क्षय, इलेक्ट्रानी परिग्रहण तथा स्वतः विखंडन गिन जाते हैं। इस प्रकार के विघटनाभिक क्षयों के समय γ—किरणों का उत्सर्जन अक्सर होता है अर्थात कठोर (लघु तरंग वाला) वैद्युत चुंबकीय विकिरण होता है। α—क्षय. α-कण हीलियम परमाणु ^4_2He का नाभिक है। α कण उत्सर्जित होने पर नाभिक दो प्रोटोनों तथा दो न्यूट्रानों को खो देता है, अतः नाभिक के आवेश में 2 तथा उसको द्रव्यमान संख्या में 4 की कमी होती है। संतति नाभिक उस तत्व से संबंधित होता है जिसका परमाणु क्रमांक जनक तत्व से 2 कम होता है: $^A_ZE \longrightarrow {}^4_2He + {}^{A-4}_{Z-2}E'$.

β—क्षय. β^-—कण इलेक्ट्रान होता है। β^- क्षय के पहले नाभिक के अंदर $^1_0n \longrightarrow {}^0_{-1}e + {}^1_1p$ प्रक्रिया घटती है। अतः इलेक्ट्रान के उत्सर्जन से नाभिक के आवेश में 1 की बढ़ोतरी हो जाती है, परंतु उसकी द्रव्यमान संख्या बदलती नहीं है। संतति नाभिक — जनक का

समभारिक – उस तत्व को प्राप्त है जिसका परमाणु क्रमांक आवर्त सारणी में जनक तत्व से एक घर की ओर स्थानान्तरित है :

$$^{A}_{Z}E \rightarrow {}^{0}_{-1}e^{-} + {}^{A-}_{Z-1}E'$$

पाजिट्रोन β^{+} क्षय. β^{+} कण, पाजिट्रोन (e^{+}) इलेक्ट्रान का द्रव्यमान रखता है तथा इसका आवेश इलेक्ट्रान के आवेश के समान होता है, परन्तु इसका चिन्ह विपरीत होता है। पाजिट्रोन क्षय से पहले नाभिकीय प्रतिक्रिया ${}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e^{+}$ घटती है। पाजिट्रोन के क्षय में, नाभिक के अंदर प्रोटोनों की संख्या में 1 की कमी आ जाती है, जबकि द्रव्यमान संख्या में कोई परिवर्तन नहीं होता। संतति नाभिक जनक का समभारिक होता है तथा उस तत्व के साथ संबंधित होता है जिसका परमाणु क्रमांक जनक तत्व से आवर्त सारणी के आरंभ की ओर एक घर में विस्थापित होता है :

$$^{A}_{Z}E \rightarrow {}^{0}_{-1}e^{+} + {}^{N}_{Z-1}E'$$

इलेक्ट्रानी परिग्रहण. जब इलेक्ट्रान का नाभिक उसके सबसे पास स्थित K सतह से इलेक्ट्रान का परिग्रहण करता है तो प्रतिक्रिया ${}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e^{-} = {}^{1}_{0}n$ के कारण नाभिक में प्रोटोनों की संख्या कम हो जाती है। नाभिक के आवेश में 1 की कमी आ जाती है, परंतु द्रव्यमान संख्या अपरिवर्तित रहती है। संतति नाभिक उस तत्व (जनक का समभारिक) के साथ संबंधित होता है जो जनक तत्व से सारणी में एक घर आगे विस्थापित होता है।

$$^{A}_{Z}E + {}^{0}_{-1}e^{-} \rightarrow {}^{A}_{Z-1}E' + h\nu$$

जब कोई बाह्य कोश इलेक्ट्रान K सतह में रिक्त स्थान घेर लेता है तो ऊर्जा एक्सरे विकिरण के क्वान्टम के रूप में उत्सर्जित होती है।

उदाहरण 3. विघटनाभिक क्षय के निम्न समीकरणों को पूरा करें,

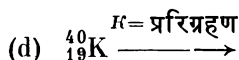
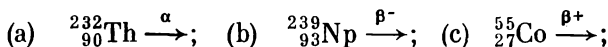
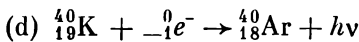
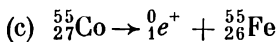
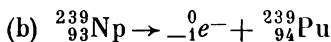
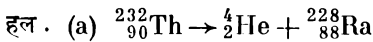
(a) ${}^{232}_{90}Th \xrightarrow{\alpha}$; (b) ${}^{239}_{93}Np \xrightarrow{\beta^{-}}$; (c) ${}^{55}_{27}Co \xrightarrow{\beta^{+}}$;

(d) ${}^{40}_{19}K \xrightarrow{K = \text{प्ररिग्रहण}}$

हल. (a) $^{232}_{90}Th \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{228}_{88}Ra$

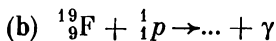
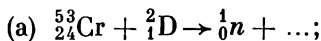
(b) $^{239}_{93}Np \rightarrow {}^{0}_{-1}e^{-} + {}^{239}_{94}Pu$

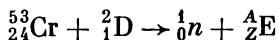
(c) $^{55}_{27}Co \rightarrow {}^{0}_{1}e^{+} + {}^{55}_{26}Fe$

(d) $^{40}_{19}K + {}^{0}_{-1}e^{-} \rightarrow {}^{40}_{18}Ar + h\nu$

नाभिकीय प्रतिक्रियाओं (इनमें विघटनाभिक क्षय की प्रतिक्रियाएं भी शामिल हैं) के समीकरणों को सूचकांकों के संकल की समानता के नियम का पालन करना चाहिये—इसका अर्थ कि a) प्रतिक्रिया में अनुबंधित द्रव्यमान संख्याओं का संकल द्रव्यमान संख्याओं के संकल के बराबर होता है (इलेक्ट्रानों, पाजिट्रोनों तथा फोटोनों के द्रव्यमानों को नहीं गिना जाता) तथा b) प्रतिक्रिया में अनुबंधित कणों के आवेशों का योगफल उत्पादों के आवेशों के योगफल के बराबर होता है।

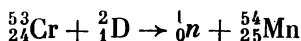
उदाहरण 4. निम्न नाभिकीय प्रतिक्रियाओं के समीकरण पूरा करें:

(a) $^{53}_{24}Cr + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{1}_{0}n + \ldots;$

(b) $^{19}_{9}F + {}^{1}_{1}p \rightarrow \ldots + \gamma$

हल. (a) प्रतिक्रिया के समीकरण को निम्न प्रकार से लिखते हैं:

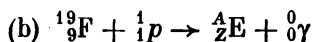
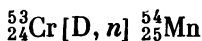
$$^{53}_{24}Cr + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{A}_{Z}E$$

ऊपर लिखित सूचनांकों के लिये: $53 + 2 = 1 + A$ है, अतः $A = 54$। नीचे लिखित सूचकांकों के लिये:
$24 + 1 = 0 + Z$, अतः $Z = 25$।

प्राप्त नाभिक $^{54}_{25}E$ मैंगनीज का एक समस्थानिक है। प्रतिक्रिया का पूर्ण समीकरण निम्न हुआ:

$$^{53}_{24}Cr + {}^{2}_{1}D \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{54}_{25}Mn$$

नाभिकीय प्रतिक्रिया का समीकरण संक्षेप में निम्न प्रकार से लिखा जाता है:

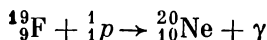
जनक नाभिक (बमबारी करने वाला कण, उत्सर्जित कण) संतति नाभिक:

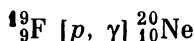
$$^{53}_{24}Cr\,[D, n]\,{}^{54}_{25}Mn$$

(b) $^{19}_{9}F + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{A}_{Z}E + {}^{0}_{0}\gamma$

ऊपर लिखित सूचकांकों के लिये : $19+1=A+O$

अर्थात $A=20$ तथा नीचे लिखित सूचकांकों के लिये $9+1=Z+O$ अतः $Z=10$। संतति नाभिक $^{20}_{10}E$ नियान का एक समस्थानिक है।

नाभिकीय प्रतिक्रिया का पूर्ण समीकरण निम्न हुआ :

$$^{19}_{9}F+{}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{20}_{10}Ne+\gamma$$

समीकरण का संक्षेप रूप निम्न हुआ :

$$^{19}_{9}F\ [p,\ \gamma]\ {}^{20}_{10}Ne$$

प्रश्न

203. किसी तत्व के समस्थानिक का चिन्ह $^{52}_{24}E$ है। (a) तत्व का नाम, (b) नाभिक में प्रोटोनों और न्यूट्रानों की संख्या तथा; (c) परमाणु के इलेक्ट्रानी कोश में इलेक्ट्रानों की संख्या बताइये।

204. किसी तत्व के परमाणु के नाभिक में 16 न्यूट्रान तथा इलेक्ट्रानी कोश में 15 इलेक्ट्रान उपस्थित हैं। उक्त परमाणु किस तत्व का समस्थानिक है? इसका चिन्ह लिखें तथा नाभिक का आवेश और द्रव्यमान संख्या भी बताइये।

205. किसी तत्व के परमाणु की द्रव्यमान संख्या 181 है तथा परमाणु के इलेक्ट्रानी कोश में 73 इलेक्ट्रान उपस्थित हैं। परमाणु के नाभिक में प्रोटोनों और न्यूट्रानों की संख्या बताइये तथा तत्व का नाम लिखें।

206. किसी प्राकृतिक क्लोरीन यौगिक में क्लोरीन दो समस्थानिकों ^{35}Cl [75.5% (द्रव्यमान)] तथा ^{37}Cl [24.5% (द्रव्यमान)] के रूप में उपस्थित है। प्राकृतिक क्लोरीन का औसत परमाणु द्रव्यमान परिकलित करें।

207. प्राकृतिक मैग्नीशियम के तीन समस्थानिक होते हैं—^{24}Mg, ^{25}Mg तथा ^{26}Mg। अगर इन समस्थानिकों की परमाणु प्रतिशत मात्रा क्रमश: 78.6, 10.1 तथा 11.3 हो, तो प्राकृतिक मैग्नीशियम का औसत परमाणु द्रव्यमान कितना होगा?

208. प्राकृतिक गैलियम के दो समस्थानिक होते हैं—^{71}Ga तथा ^{69}Ga। अगर गैलियम का औसत परमाणु द्रव्यमान 69.72 है, तो इन

समस्थानिकों के परमाणुओं की संख्याओं का सांख्यिक अनुपात कैसे ज्ञात करें।

209. ^{81}Sr (T1/2 = 8.5 घंटे) का आरंभिक द्रव्यमान 200mg है। इसके 25.5 घंटे बचने के बाद समस्थानिक का द्रव्यमान कितना होगा?

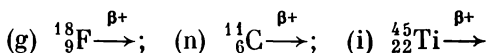
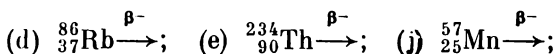
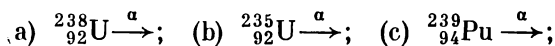
210. 2.5 घंटे बचने के बाद समस्थानिक ^{128}I (T1/2 = 25 मिनट) के सुरक्षित परमाणुओं का प्रतिशत ज्ञात करें।

211. β – विघटनाभिक समस्थानिक ^{24}Na का अर्धक्षय-काल 14.8 घंटे है। क्षय प्रतिक्रिया का समीकरण लिखें तथा यह कलन करें कि 24g ^{24}Na से 29.6 घंटे के भीतर कितने ग्राम संतति उत्पाद प्राप्त होगा?

212. विघटनाभिक क्षय की प्रतिक्रियाओं के निम्न समीकरणों को पूरा करें:

(a) $^{238}_{92}U \xrightarrow{\alpha}$; (b) $^{235}_{92}U \xrightarrow{\alpha}$; (c) $^{239}_{94}Pu \xrightarrow{\alpha}$;

(d) $^{86}_{37}Rb \xrightarrow{\beta^-}$; (e) $^{234}_{90}Th \xrightarrow{\beta^-}$; (j) $^{57}_{25}Mn \xrightarrow{\beta^-}$;

(g) $^{18}_{9}F \xrightarrow{\beta+}$; (n) $^{11}_{6}C \xrightarrow{\beta+}$; (i) $^{45}_{22}Ti \xrightarrow{\beta+}$

किन परिस्थितियों में संतति परमाणु जनक परमाणु का समभारिक कब होगा?

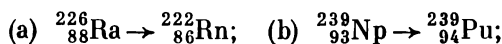
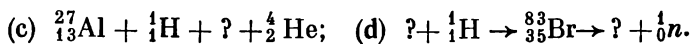
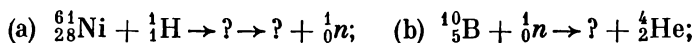
213. निम्न रूपांतरणों में किस प्रकार का विघटनाभिक क्षय दिखाई देता है?

(a) $^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn$; (b) $^{239}_{93}Np \rightarrow {}^{239}_{94}Pu$;

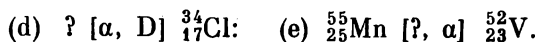
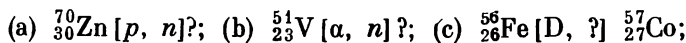
(c) $^{152}_{62}Sm \rightarrow {}^{148}_{60}Nd$; (d) $^{111}_{46}Pd \rightarrow {}^{111}_{47}Ag$.

214. निम्न नाभिकीय प्रतिक्रियाओं के समीकरण लिखें:

(a) $^{61}_{28}Ni + {}^{1}_{1}H \rightarrow ? \rightarrow ? + {}^{1}_{0}n$; (b) $^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n \rightarrow ? + {}^{4}_{2}He$;

(c) $^{27}_{13}Al + {}^{1}_{1}H + ? + {}^{4}_{2}He$; (d) $? + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{83}_{35}Br \rightarrow ? + {}^{1}_{0}n$.

215. निम्न नाभिकीय प्रतिक्रियाओं के पूर्ण समीकरण लिखें:

(a) $^{70}_{30}Zn\,[p, n]?$; (b) $^{51}_{23}V\,[\alpha, n]\,?$; (c) $^{56}_{26}Fe\,[D, ?]\,{}^{57}_{27}Co$;

(d) ? $[\alpha, D]\ {}^{34}_{17}Cl$: (e) $^{55}_{25}Mn\ [?, \alpha]\ {}^{52}_{23}V$.

216. किसी समस्थानिक परमाणु की द्रव्यमान संख्या तथा ग्रावेश कैसे बदलेंगे ग्रगर (1) एक α कण तथा दो $\beta-$कण क्रमानुसार उत्सर्जित हों, (2) नाभिक दो प्रोटोनों को ग्रवशोषित करे ग्रौर दो न्यूट्रान उत्सर्जित करे, (3) एक α कण को ग्रवशोषित करें तथा दो ड्यूट्रान को उत्सर्जित करें?

217. ^{226}Ra नाभिक से कितने α कण तथा β^- कण उत्सर्जित होने चाहियें ताकि संतति तत्व की द्रव्यमान संख्या 206 हो (ग्रावर्त सारणी के चौथे ग्रुप का तत्व)? इस तत्व का नाम बतायें।

218. विघटनाभिक क्षय के फलस्वरूप समस्थानिक $^{238}_{92}U$ का एक परमाणु नाभिक $^{226}_{88}Ra$ नाभिक में परिवर्तित हो गया। जनक नाभिक ने कितने α तथा β^- कण उत्सर्जित किये?

ग्रपना ज्ञान परखिये

219. समस्थानिक ^{40}K समस्थानिक ^{40}Ca में परिवर्तित हो जाता है। इस दौरान किस प्रकार का विघटनाभिक क्षय घटता है? (a) α क्षय; (b) β^- क्षय; (c) β^+ क्षय; (d) इलेक्ट्रान का परिग्रहण; (e) स्वतः विखंडन।

220. किस प्रकार के विघटनाभिक क्षय से उस संतति नाभिक की उत्पत्ति होगी जो जनक नाभिक का समभारिक है?
(a) α क्षय; (b) β^- क्षय; (c) β^+ क्षय; (d) इलेक्ट्रान का परिग्रहण; (e) इनमें से कोई भी प्रतिक्रिया से नहीं।

221. एक α कण तथा दो β^- कणों के उत्सर्जन से परमाणु की द्रव्यमान संख्या तथा ग्रावेश में क्या परिवर्तन ग्रायेंगे?
(a) ग्रावेश में 2 की कमी ग्रा जायेगी तथा द्रव्यमान संख्या में 4 की; (b) ग्रावेश में 2 की बढ़ोतरी हो जायेगी तथा द्रव्यमान संख्या में 4 की कमी ग्रा जायेगी; (c) ग्रावेश में कोई परिवर्तन नहीं ग्रायेगा, परंतु द्रव्यमान संख्या में 4 की कमी ग्रा जायेगी; (d) न तो ग्रावेश में ग्रौर न ही द्रव्यमान संख्या में कोई परिवर्तन होगा।

222. कठोर (गामा) γ विकिरण का फोटोन $^{26}_{12}Mg$ नाभिक से एक प्रोटोन बाहर निकाल देता है। प्राप्त उत्पाद क्या होगा?
(a) समस्थानिक नाभिक $^{25}_{12}Mg$; (b) समभारिक नाभिक $^{26}_{12}Mg$; (c) समस्थानिक नाभिक $^{23}_{11}Na$; (d) समभारिक नाभिक $^{23}_{11}Na$।

223. समस्थानिक ^{207}Pb किस विघटनाभिक परिवार से संबंध रखता है?

(a) ^{232}Th; (b) ^{237}Np; (c) ^{227}Ac; (d) ^{238}U.

224. क्या 3.2 दिन का अर्ध क्षय-काल वाला ^{222}Rn समस्थानिक प्रकृति में मिल सकता है? (a) हां; (b) नहीं।

क्योंकि (1) इस समस्थानिक का अर्ध क्षय-काल पृथ्वी की आयु से बहुत कम है; (2) यह समस्थानिक विघटनाभिक परिवार का सदस्य है; (3) रेडान के कुछ समस्थानिकों की आयु ज्यादा दीर्घ होती है।

अध्याय 4

रासायनिक अनुबंध

1. सहसंयोजी अनुबंधों के बनने की विधियां

किसी अणु में रासायनिक अनुबंध का वर्णन – उसके अंदर इलेक्ट्रानी घनत्व के वितरण का वर्णन है। इस वितरण की प्रकृति के अनुसार रासायनिक अनुबंध सहसंयोजी, आयनी तथा धात्विक* माने जाते हैं।

सहसंयोजी अनुबंध – दो परमाणुओं के बीच रासायनिक अनुबंध है जो परमाणुओं में इलेक्ट्रानों के समान जोड़े से कार्यान्वित किया जाता है (H_2, Cl_2 आदि)।

आयनी अनुबंध विपरीत आवेशों वाले आयनों की वैद्युत स्थैतिक व्यतिक्रिया का परिणाम है जब आयनों के अपने-अपने इलेक्ट्रानी कोश होते हैं (Cs^+F^-, Na^+Cl^- आदि)।

शुद्ध आयनी अनुबंध केवल चरम अवस्था में संभव है। अधिकांश अणुओं में रासायनिक अनुबंधों की प्रकृति शुद्ध सहसंयोजी तथा शुद्ध

---

*धात्विक अनुबंध धातुओं में होते हैं। इस किस्म के अनुबंधों का सविस्तर वर्णन धातुओं के अध्याय में किया गया है।

भागी अनुबंधों के बीच होती है। ये ध्रुवीय सहसंयोजी अनुबंध होते हैं जो दो परमाणुओं के समान इलेक्ट्रानी जोड़े द्वारा कार्यान्वित होते हैं। इलेक्ट्रानों का जोड़ा भागी परमाणुओं में से एक के नाभिक की ओर विस्थापित होता है। अगर यह विस्थापन ज्यादा नहीं होता तो अनुबंध की प्रकृति शुद्ध सहसंयोजी अनुबंध के समीप हो जाती है। विस्थापन जितना ज्यादा होता है अनुबंध उतना ही शुद्ध आयनी जैसा होता है। अनुबंध में भाग लेने वाले इलेक्ट्रानों को अपनी ओर आकृष्ट करने की परमाणु की क्षमता के मूल्यांकन के लिये सापेक्षिक वैद्युत ऋणात्मकता का मान प्रयोग में लाया जाता है। परमाणु की विद्युत ऋणात्मकता जितनी अधिक होती है, उतनी ही अधिक तीव्रता से परमाणु इलेक्ट्रानी जोड़े को आकृष्ट करता है। अन्य शब्दों में, जब दो विभिन्न तत्वों के दो परमाणुओं के बीच सहसंयोजी अनुबंध बनता है, तब संयुक्त इलेक्ट्रानी अभ्र अधिक ऋणविद्युत परमाणु की ओर स्थानांतरित होता है तथा दोनों परमाणुओं की वैद्युत ऋणात्मकता Δx जितनी ज्यादा भिन्न होती है, इलेक्ट्रानी अभ्र उतना स्थानांतरित होता है। इसलिये Δx की वृद्धि के साथ आयनी अनुबंध का स्तर भी बढ़ जाता है। वैद्युत ऋणात्मकता 4.0 लेकर उसके प्रति अन्य तत्वों की वैद्युत ऋणात्मकता के मान नीचे दिये गये हैं।

सारणी 1

परमाणुओं की सापेक्षिक वैद्युत ऋणात्मकता

H 2.1						
Li 0.98	Be 1.5	B 2.0	C 2.5	N 3.07	O 3.5	F 4.0
Na 0.93	Mg 1.2	Al 1.9	Si 1.9	P 2.2	S 2.6	C 3.0
K 0.91	Ca 1.04	Ga 1.8	Ge 2.0	As 2.1	Se 2.5	Br 2.8
Rb 0.89	Sr 0.99	In 1.5	Sn 1.7	Sb 1.8	Te 2.1	I 2.6

उदाहरण 1. यौगिकों $E(OH)_2$ में, जहां $E — Mg$, Ca या Sr है, अनुबंधों H — O तथा O — E के लिये परमाणुओं की सापेक्षिक वैद्युत ऋणात्मकताओं में अंतर कलन करें तथा ज्ञात करें कि (a) H — O तथा O — E में से कौनसा अनुबंध प्रत्येक अणु में आयनी के अधिक स्तर से लक्षित है (b) जलीय विलयन में इन अणुओं के अयनीकरण की क्या प्रकृति है?

हल. उपरोक्त सारणी को देखकर हम अनुबंधों O — E के लिये सापेक्षिक वैद्युत ऋणात्मकताओं का अंतर कलन करते हैं:

$$\Delta x\,(Mg - O) = 3.5 - 1.2 = 2.3$$

तथा

$$\Delta x\,(Ca - O) = 3.5 - 1.04 = 2.46$$

$$\Delta x\,(Sr - O) = 3.5 - 0.99 = 2.51$$

O — H अनुबंध के लिये Δx का मान 3.5 — 2.1 अर्थात 1.4 हुआ।

अतः (a) लिये गये सारे अणुओं में O — E अनुबंध अधिक ध्रुवीय है अर्थात आयनी अनुबंध का स्तर उच्च है तथा (b) जलीय विलयन में आयनीकरण सब से अधिक आयनी अनुबंध के अनुसार घटेगा जिसका समीकरण निम्न होगा: $E(OH)_2 = E^{2+} + 2OH^-$.

अतः सारे यौगिक भस्म की भांति आयनित होंगे।

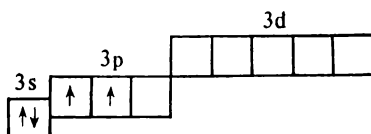
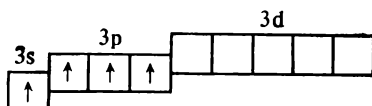
सहसंयोजी अनुबंध तथा अणुओं की संरचना का क्वान्टमी-यांत्रिकीय वर्णन दो तरीकों से किया जा सकता है: संयोजकता अनुबंधों की विधि तथा आण्विक कक्षकों की विधि।

संयोजकता अनुबंधों की विधि (BC) निम्न बातों पर आधारित होती है: 1 — सहसंयोजी रासायनिक अनुबंध विपरीत प्रचक्रण वाले दो इलेक्ट्रानों से बनता है। ये दोनों इलेक्ट्रान दो परमाणुओं के साथ संबंधित होते हैं।

इस तरह का सामूहिक इलेक्ट्रान युगल या तो दो विभिन्न परमाणुओं के साथ संबंधित दो अयुग्मी इलेक्ट्रानों के युगल से बनता है (अनुबंध बनने का सामान्य क्रम या एक परमाणु-दाता के इलेक्ट्रानों के युगल तथा दूसरे परमाणु-ग्राही के रिक्त कक्षक के व्यय से (दाता-ग्राहक अनुबंध द्वारा)।

2. परस्पर क्रियाशील इलेक्ट्रान अभ्रों की व्यतिक्रिया जितनी अधिक होती है सहसंयोजी अनुबंध उतना ही ज्यादा दृढ़ होता है। अतः सहसंयोजी अनुबंध उस दिशा में बनता है जिसमें व्यतिक्रिया सबसे ज्यादा होती है।

उदाहरण 2. SiF_4 अणु तथा SiF_6^{2-} आयन के बनने की प्रक्रिया समझाइये। क्या CF_6^{2-} आयन संभव हो सकता है?

हल. सिलिकन परमाणु का इलेक्ट्रानी विन्यास $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^2$ होता है। इसके सहसंयोजी कक्षकों की इलेक्ट्रानी संरचना अनुद्दीपित अवस्था में निम्न हो सकती है:

उद्दीपित अवस्था में सिलिकन के परमाणु का विन्यास ऐसा होगा: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^1\,3p^3$ और इसके सहसंयोजी कक्षकों की इलेक्ट्रानी संरचना निम्न होगी:

उद्दीपित परमाणु के चार अयुग्मी इलेक्ट्रान सामान्य प्रक्रिया द्वारा फ्लुओरीन परमाणुओं ($1s^2\,2s^2\,2p^5$) (प्रत्येक परमाणु का एक अयुग्मी इलेक्ट्रान होता है) के साथ मिलकर चार सहसंयोजी अनुबंधों के निर्माण में भाग ले सकते हैं जिसके परिणामस्वरूप SiF_4 अणु प्राप्त होता है।

SiF_6^{2-} आयन के निर्माण के लिये दो F^- आयनों को ($1s^2\,2s^2\,2p^6$) (जिनके सारे संयोजकता इलेक्ट्रान युगली हैं) SiF_4 अणु के साथ मिलना चाहिये। अनुबंध दाता-ग्राही यंत्र के अनुसार होगा तथा फ्लुओराइड आयनों के जोड़ो तथा सिलिकन परमाणु के दो रिक्त 3d कक्षकों के व्यय से प्राप्त होगा। कार्बन

($1s^2 2s^2 2p^2$) SiF_4 की तरह यौगिक CF_4 बन सकता है, परंतु यहां कार्बन की संयोजकता संभावनाएं खत्म हो जायेंगी (न तो अयुग्मी इलेक्ट्रान हैं, न ही अविभाजित इलेक्ट्रान जोड़े हैं और संयोजकता स्तर पर रिक्त कक्षक भी नहीं हैं)। CF_6^{2-} आयन नहीं बन सकता। .

उदाहरण 3. शृंखला $H_2O—H_2S—H_2Se—H_2Te$ में अनुबंध H—E की दृढ़ता किस प्रकार परिवर्तित होगी?

हल. इस शृंखला में तत्वों (O, S, Se तथा Te) के संयोजकता इलेक्ट्रानी अभ्रों के आकार बढ़ते हैं जिससे हाइड्रोजन परमाणु के इलेक्ट्रानी अभ्र के साथ उनके अतिव्यायन का स्तर घट जाता है तथा अतिव्यायन का क्षेत्र संगत तत्व के परमाणु के नाभिक से दूर होता जाता है। इसके परिणामस्वरूप अनुबंध कमजोर हो जाता है। शृंखला O—S—Se—Te में माध्यमिक इलेक्ट्रानी सतहों की वृद्धि के परिणामस्वरूप दिये गये तत्वों के नाभिकों की वर्धमान स्क्रीनिंग से भी यही परिणाम मिलते हैं। अत: आक्सीजन से टैल्यूरियम की ओर बढ़ते हुए अनुबंध H—E की दृढ़ता कम होती जाती है।

आण्विक कक्षकों की विधि इस पूर्वानुमान पर आधारित है कि किसी अणु में इलेक्ट्रानों की अवस्था को आण्विक इलेक्ट्रानी कक्षकों (आण्विक इलेक्ट्रानी अभ्रों) का संकल माना जा सकता है जहां प्रत्येक आण्विक कक्षक के लिये आण्विक क्वान्टमी संख्याओं का एक निश्चित संकल अनुकूल होता है। किसी अन्य बहुइलेक्ट्रानी प्रणाली की तरह अणु के लिये भी पाउली सिद्धांत सही बैठता है। अत: प्रत्येक आण्विक कक्षक में दो से अधिक इलेक्ट्रान नहीं आ सकते और इनके प्रचक्रणों की दिशाएं विपरीत होनी आवश्यक हैं। हुंड का नियम भी यहां लागू होता है जिसके अनुसार ऊर्जा तुल्य कक्षकों के बीच इलेक्ट्रानों का वितरण इस प्रकार होता है कि अणु के कुल प्रचक्रणों का अधिकतम मान परम होता है। अगर आण्विक कक्षक में अयुग्मी इलेक्ट्रान होते हैं तो अणु अनुचुम्बकीय होता है और अगर सारे इलेक्ट्रान युग्मी हैं तो अणु प्रतिचुम्बकीय होता है।

एक विशेष अवस्था में आण्विक इलेक्ट्रानी अभ्र अणु में किसी भी एक नाभिक के समीप संकेन्द्रित हो सकता है; ऐसा इलेक्ट्रान

वस्तुत: एक ही परमाणु के साथ संबंधित होता है तथा अनुबंध के निर्माण में भाग नहीं लेता है। इन आण्विक कक्षकों को विअनुबंधित कहते हैं, ऊर्जा के अनुसार ये कक्षक विलगित परमाणुओं के परमाण्वीय कक्षकों के संगत होते हैं।

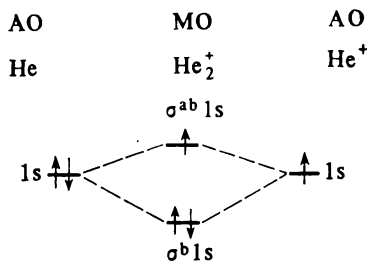
अगर इलेक्ट्रानी अभ्र का प्रमुख भाग दो या अधिक नाभिकों के साथ संबंधित होता है तो द्विकेन्द्रीय बहुकेन्द्रीय अनुबंधों का निर्माण होता है। ऐसी अवस्थाओं में आण्विक तरंगी फलन व्यतिक्रिया करने वाले इलेक्ट्रानों के परमाण्वीय तरंगी फलनों के रैखिक संयोग के रूप में प्रस्तुत किया जा सकता है (परमाण्वीय कक्षकों के रैखिक संयोग की विधि)।

अगर दो परमाण्वीय कक्षक मिलते हैं (उदाहरणतया, दो हाइड्रोजन परमाणुओं के 1s प० क०) तो दो आण्विक कक्षक बनते हैं जिनकी आरंभिक प० क० की ऊर्जा से भिन्न होती है; इनमें से एक इलेक्ट्रानों की निम्न ऊर्जा के संगत (अनुबंधी आ०क०) तथा दूसरा इलेक्ट्रानों की उच्च ऊर्जा के संगत (विअनुबंधी आ०क०) होता है।

आम तौर पर n आरंभिक प० क० सें n आ०क० बनते हैं। परमाणुओं के बीच रासायनिक अनुबंध तब पैदा होता है जब अनुबंधी आ० क० में इलेक्ट्रानों की संख्या विअनुबंधी आ० क० में इलेक्ट्रानों की संख्या से अधिक होती है। आ० क० विधि में अनुबंधी तथा विअनुबंधी इलेक्ट्रानों की संख्याओं के बीच अर्ध अंतर को अनुबंध का गुणांक कहते हैं। एक साधारण अनुबंध दो अनुबंधी इलेक्ट्रानों के संगत होता है, जिनकी विअनुबंधी इलेक्ट्रान क्षतिपूर्ति नहीं करते हैं।

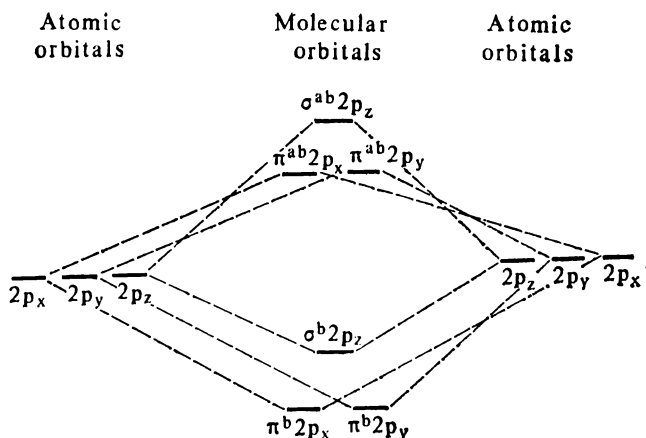
अनुबंध का गुणांक जितना उच्च होता है, उसकी लंबाई उतनी ही कम होती है तथा अनुबंध की वियोजन ऊर्जा उतनी ही अधिक होती है।

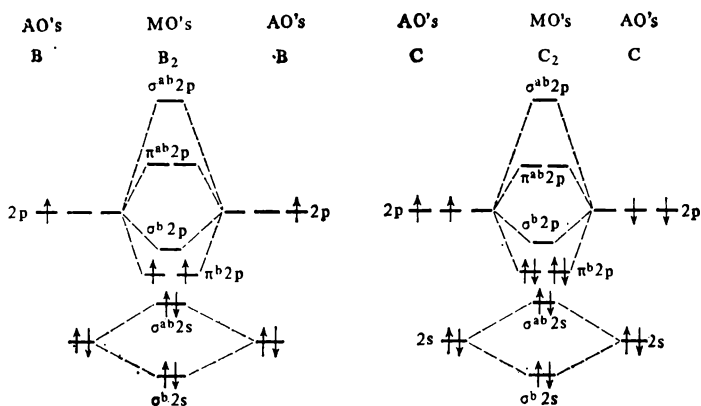
उदाहरण 4. आ० क० विधि के दृष्टिकोण से आण्कि आयन He_2^+ के आस्तित्व की संभावना तथा अणु He_2 के अस्तित्व की असंभावना समझाइये।

हल. आण्विक आयन He_2^+ में तीन इलेक्ट्रान हैं। पाउली सिद्धांत के अनुसार इस आयन के निर्माण का ऊर्जा स्तर निम्न रेखाचित्र द्वारा व्यक्त किया जा सकता है:

अनुबंधी कक्षक में दो इलेक्ट्रान तथा विअनुबंधी कक्षक में एक स्थित है। अत: इस आयन का अनुबंध गुणांक 0.5 हुआ तथा यह अपनी ऊर्जा के अनुसार स्थायी होगा।

इसके विपरीत, He_2 अणु अपनी उर्जा के अनुसार अस्थायी होगा क्योंकि आ० क० जिन चार इलेक्ट्रानों को जगह देगा, उनमें से दो अनुबंधी आ० क० में तथा दो विअनुबंधी आ० क० में जगह ले लेंगे। अत: He_2 अणु के निर्माण के दौरान ऊर्जा स्वतंत्र नहीं होगी। इस अवस्था में अनुबंध का गुणांक शून्य होगा अर्थात कोई अणु नहीं बनेगा।

चित्र 1 में आ० क० के बनने का आरेख दिखाया गया है; इस प्रक्रिया में दो समान परमाणुओं के 2p कक्षक भाग लेते हैं। आरेख देखने से पता चलता है कि छ: p कक्षकों से छ: आ० क० बनते हैं: तीन अनुबंधी तथा तीन विअनुबंधी। इसमें एक अनुबंधी नथा एक विअनुबंधी आ० क० सिग्मा σ किस्म के साथ संबंधित होते हैं: वे p कक्षकों की व्यतिक्रिया से बनते हैं जिनके इलेक्ट्रानी अभ्र अनुबंध अक्ष की ओर अभिमुख होते हैं (s प० क० से प्राप्त आ० क० भी इस किस्म के होते हैं)। जिन p कक्षकों के इलेक्ट्रानी अभ्र अनुबंध अक्ष के साथ समकोण बनाये होते हैं, उनकी व्यतिक्रिया मे दो अनुबंधी तथा दो विअनुबंधी आ० क० बनते हैं; ये कक्षक π किस्म के होते हैं।

उदाहरण 5. B_2 तथा C_2 अणुओं में से कौनसा अणु परमाणुओं के अंदर ज्यादा वियोजन ऊर्जा रखता है? इन अणुओं के चुंबकीय गुणों की तुलना करें।

चित्र 1. MO के बनने का ऊर्जा आरेख, जब दो सद्दश परमाणुओं के 2p कक्षक प्रक्रिया में भाग लेते हैं।

हल. हम B_2 तथा C_2 अणुओं के निर्माण के ऊर्जा स्तर के आरेख बनाते हैं (चित्र 2)। B_2 अणु में अनुबंधी इलेक्ट्रानों की संख्या तथा प्रति अनुबंधी इलेक्ट्रानों की संख्या के बीच दो का अंतर है तथा C_2 अणु में चार का। अत: इनके अनुबंध गुणांक क्रमश: 1

चित्र 2. B_2 और C_2 अणुओं के बनने का ऊर्जा आरेख।

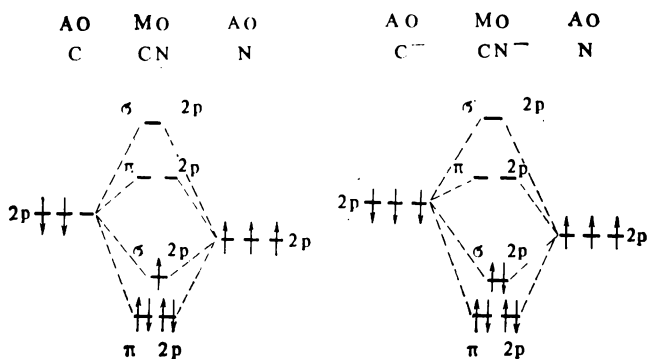
ग्रौर 2 हुए । इसका मतलब यह हुग्रा कि उच्च गुणांक होने के कारण C_2 ग्रणु ग्रधिक स्थायी होना चाहिये । यह निष्कर्ष प्रयोग द्वारा स्थापित वियोजन ऊर्जा के मानों के संगत है: B_2 ग्रणु -276 kJ/mol तथा C_2 ग्रणु -605kJ/mol।

B_2 ग्रणु में हुंड के नियमानुसार दो π^b 2p कक्षकों में दो इलेक्ट्रान रखे गये हैं। दो ग्रयुग्मी इलेक्ट्रानों की उपस्थिति इस ग्रणु को ग्रनुचुंबकीय गुण प्रदान करती है। C_2 ग्रणु में सारे इलेक्ट्रान युग्मी हैं, ग्रत: यह ग्रणु प्रतिचुंबकीय है।

विषमनाभिकीय द्विपरमाणुक ग्रणुग्रों (विभिन्न तत्वों से बने) में ग्रनुबंधी ग्रा० क० ऊर्जा के ग्रनुसार ग्रधिक वैद्युत-ऋणात्मकता वाले कक्षकों के समीप होते हैं तथा विग्रनुबंधी ग्रा० क० कम वैद्युत -ऋणात्मकता वाले प०क० के समीप होते हैं।

उदाहरण 6. समीकरण $C^- + N \rightarrow CN^-$ के ग्रनुसार CN ग्रणु तथा CN^- ग्राण्विक ग्रायन में ग्रा० कक्षकों के बीच इलेक्ट्रान किस प्रकार वितरित होंगे? इन कणों में से किसकी ग्रनुबंध-लंबाई ग्रधिक होगी?

हल. दिये गये कणों के निर्माण के ऊर्जा-स्तर के ग्रारेख बनाने पर (चित्र 3) हम इस निष्कर्ष पर पहुंचते हैं कि CN तथा CN^- में ग्रनुबंध के गुणांक क्रमश: 2.5 ग्रौर 3 हैं। CN^- ग्रायन,

चित्र 3. ग्रणु CN ग्रौर ग्राण्विक ग्रायन CN^- के बनने का ग्रारेख।

जिनमें परमाणुओं के बीच गुणांक अधिक है, निम्नतम अनुबंध- लंबाई ग लक्षित होगी।

प्रश्न

225. फ्लुओरीन तथा क्लोरीन परमाणुओं की आयतनीकरण ऊर्जा क्रमश: 17.4 व 13.0eV हैं और एक इलेक्ट्रान के प्रति उनकी बंधुता-ऊर्जा 3.45 तथा 3.61eV है। दोनों में से कौनसा तत्व आयनिक यौगिक बनाने की अधिक संभावना रखता है? इन यौगिकों में हैलोजेनों के आयनों के आवेश का चिह्न क्या होगा?

226. अणुओं H_2, Cl_2 तथा HCl में कौनसी किस्म के रासायनिक अनुबंध हैं? इलेक्ट्रानी अभ्रों के अतिव्यायन का आरेख बनाइये।

227. सापेक्षिक वैद्युत-ऋणात्मकताओं की सारणी की सहायता से अनुबंधों K—Cl, Ca—Cl, Fe—Cl तथा Ge—Cl के लिये सापेक्षिक वैद्युत-ऋणात्मकाताओं के अंतर का परिकलन करें। उक्त अनुबंधों में से कौनसा अनुबंध सबसे ज्यादा आयनित है?

228. अणुओं NCl_3, CS_2, ICl_5, NF_3, OF_2, ClF तथा CO_2 में अनुबंध की प्रकृति निश्चित करें। प्रत्येक अणु के लिये सहभागी इलेक्ट्रानी जोड़े के विस्थापन की दिशा बतायें।

229. क्लोरोफार्म अणु $CHCl_3$ का संयोजकता आरेख बनाइये तथा बताइये कि (a) कौनसा अनुबंध ज्यादा ध्रुवीय होगा व (b) इस अनुबंध का इलेक्ट्रानी अभ्र किस दिशा में विस्थापित होगा?

230. यौगिकों HOHal में अनुबंधों H—O तथा O—Hal (जहां Hal—Cl, Br या I है) के लिये परमाणुओं की सापेक्षिक वैद्युत-ऋणात्मकताओं के बीच अंतर कलन करें तथा बतायें कि (a) प्रत्येक अणु में कौनसा अनुबंध अधिक आयनित है तथा (b) जलीय विलयन में अणुओं के वियोजन की प्रकृति क्या है?

231. अनुबंध H—O तथा O—As के लिये परमाणुओं की सापेक्षिक वैद्युत-ऋणात्मकताओं में अन्तर परिकलित करें। कौनसा अनुबंध अधिक ध्रुवीय है? $As(OH)_3$ हाइड्रोक्साइडों के किस वर्ग के साथ संबंधित है?

232. शृंखला HF—HCl—HBr—HI में अनुबंध दृढ़ता किस प्रकार परिवर्तित होती है? इन परिवर्तनों के कारण बताइये।

233. संयोजकता अनुबंध विधि के अनुसार BF_3 अणु तथा BF_4^- आयन के इलेक्ट्रानी संरचना समझाइये।

234. अणुओं CH_4, NH_3 तथा आयन NH_4^+ में सहसंयोजी अनुबंध बनने की विधियों की तुलना करें। क्या CH_5^+ तथा NH_5^{2+} आयन संभव हो सकते हैं?

235. BH_4^- आयन के बनने में कौनसा परमाणु या आयन इलेक्ट्रानी जोड़े का दाता होता है?

236. संयोजकता अनुबंध विधि के अनुसार आक्साइडों NO तथा NO_2 की द्वितीय अणु बनाने की क्षमता समझाइये।

237. संयोजकता अनुबंध विधि के अनुसार C_2N_2 अणु के बनने की संभावना समझाइये।

238. संयोजकता अनुबंध विधि तथा आण्विक कक्षक विधि के अनुसार CO तथा CN अणुओं की इलेक्ट्रानी संरचना का वर्णन कीजिये। कौनसे अणु का अनुबंध गुणांक अधिक होगा?

239. आ० क० विधि के अनुसार B_2, Fe तथा BF अणुओं के बनने की संभावना पर विचार करें। इनमें से कौनसा अणु सबसे ज्यादा स्थायी है?

240. Be_2 तथा Ne_2 के स्थायी अणु क्यों नहीं संभव हो सकते?

241. शृंखला $O_2^{2-}—O_2^-—O_2—O_2^+$ में अनुबंध लंबाई, वियोजन ऊर्जा तथा चुंबकीय गुण किस प्रकार परिवर्तित होते हैं? तर्कसहित उत्तर दीजिये।

242. NO^+, NO, या NO^- में से किस कण की अनुबंध लंबाई सबसे कम है?

243. सं० अनु० विधि तथा आ०क० विधि के अनुसार शृंखला F_2(155)—O_2(493)—N_2(945) में अणुओं की वियोजन ऊर्जा kJ/mol में परिवर्तन स्पष्ट करें।

244. N_2 तथा CO अणुओं की वियोजन ऊर्जा क्रमश: 945 तथा 1071kJ/mol है। सं० आ० विधि तथा आ०क० विधि के अनुसार इन मानों की समीपता समझाइये।

अपना ज्ञान परखिये

245. CO अणु में कार्बन की सहसंयोजकता कितनी है?
(a) दो; (b) तीन; (c) चार।

क्योंकि (1) अनुद्दीपित कार्बन परमाणु में दो अयुग्मी इलेक्ट्रान होते हैं;
(2) कार्बन परमाणु इलेक्ट्रानी जोड़े का ग्राही हो सकता है;
(3) कार्बन परमाणु में चार संयोजकता इलेक्ट्रान होते हैं।

246. क्या HF तथा SiF_4 के बीच अभिक्रिया संभव है?
(a) हां; (b) नहीं।

क्योंकि (1) HF अणु ध्रुवीय होता है तथा SiF_4 अणु अध्रुवीय होता है।;
(2) दोनों अणुओं के पास एक भी अयुग्मी इलेक्ट्रान नहीं होते हैं;
(3) सिलिकन के संयोजकता कक्षकों की संख्या चार से अधिक होती है तथा इनमें कई कक्षक संयोजकता इलेक्ट्रान नहीं घेरते हैं। (4) सिलिकन के संयोजकता इलेक्ट्रानों की संख्या चार होती है;
(5) HF अणु इलेक्ट्रानी जोड़े के दाता की भूमिका निभा सकता है।

247. O_2 अणु में कौनसे चुंबकीय गुण विद्यमान होते हैं?
(a) प्रतिचुंबकीय; (b) अनुचुंबकीय।

क्योंकि (1) O_2 अणु में इलेक्ट्रानों की संख्या सम होती है;
(2) O_2 अणु का कुल प्रचक्रण शून्य से भिन्न होता है।

248. NO अणु में अनुबंध गुणांक कितना होता है?
(a) दो; (b) ढ़ाई; (c) तीन।

क्योंकि (1) π-कक्षकों में अनुबंधी इलेक्ट्रानों की संख्या चार है;
(2) अनुबंधी इलेक्ट्रानों की संख्या विअनुबंधी इलेक्ट्रानों की संख्या से पांच अधिक है;
(3) नाइट्रोजन अणु में तीन अयुग्मी इलेक्ट्रान होते हैं।

249. नीचे दिये कणों में से कौनसा कण अनुचुंबकीय होता है?
(a) N_2; (b) O_2; (c) NO; (d) CO; (e) CN।

250. निम्न कणों में से कौनसा कण आ०क० विधि के अनुसार स्थायी अवस्था में असंभव है?
(a) H_2^+; (b) H_2; (c) H_2^-; (d) He_2; (e) HHe।

2. अणुओं की ध्रुवता. अणुओं की ज्यामितिक संरचना

ध्रुवीय सहसंयोजी अनुबंध के बनने में सहभागी इलेक्ट्रानी अभ्र के विस्थापन के फलस्वरूप ऋणात्मक वैद्युत आवेश का घनत्व अधिक वैद्युत ऋणात्मकता वाले परमाणु के पास उच्च तथा कम वैद्युत ऋणात्मकता वाले परमाणु के पास निम्न होता है। इसके परिणामस्वरूप पहला परमाणु अतिरिक्त ऋणात्मक आवेश प्राप्त करता है तथा दूसरा परमाणु ऐसी ही परम राशि वाला अतिरिक्त धनात्मक आवेश। परम राशि की दृष्टि से समान और विपरीत चिन्हों वाले तथा एक दूसरे से निश्चित दूरी पर स्थित दो आवेशों के इस विन्यास को वैद्युत-द्विध्रुव कहते हैं।

किसी द्विध्रुव द्वारा बनाये क्षेत्र की तीव्रता अणु के द्विध्रुव आघूर्ण के आनुपातिक होती है, जो इलेक्ट्रान q के आवेश के परम मान (1.60×10^{-19}C) तथा वैद्युत-विध्रुव आघूर्ण में धनात्मक तथा ऋणात्मक आवेशों के केन्द्रों के बीच की दूरी l का गुणनफल होती है : $\mu = ql$।

अणु का विद्युत-द्विध्रुव आघूर्ण उसकी ध्रुवता का संख्यात्मक मापक होता है। अणुओं के द्विध्रुव आघूर्ण प्राय: डेबाई (D) में मापे जाते हैं।

$$1D = 3.33 \times 10^{-30}\ C \cdot m.$$

उदाहरण 1. एक HCl अणु के वैद्युत-द्विध्रुव की लंबाई 0.22×10^{-8}C·m है। अणु का द्विध्रुव आघूर्ण कलन करें।

हल.

$$q = 1.60 \times 10^{-19}\ C$$

$$l = 2.2 \times 10^{-11}\ m$$

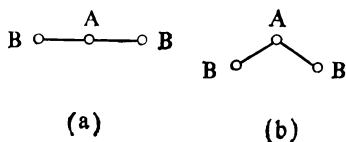
$$\mu = ql = 1.60 \times 10^{-19} \times 2.2 \times 10^{-11} = 3.52 \times 10^{-30}\ C \cdot m =$$

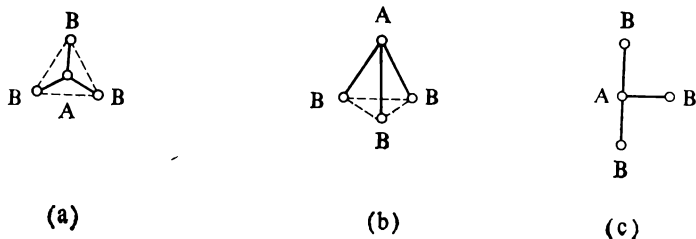
$$= \frac{3.52 \times 10^{-30}}{3.33 \times 10^{-30}}\ D = 1.06D$$

द्विध्रुव आघूर्ण एक सदिश संख्या है जिसकी दिशा धनात्मक छोर से ऋणात्मक छोर की ओर होती है। इसी कारण बहुपरमाणुक अणु का द्विध्रुव आघूर्ण अनुबंधों के द्विध्रुव आघूर्णों के सदिश योग

के बराबर माना जाता है: यह प्रत्येक अनुबंध की ध्रुवता के साथ-साथ अनुबंधों के पारस्परिक विन्यास पर भी निर्भर करता है।

उदाहरण के लिये AB_2 अणु की दो संरचनाएं संभव हो सकती हैं या तो रैखिक (a) या V–कोणिक आकार की (b):

(a) (b)

AB_3 अणु की तीन संरचनाएं संभव हो सकती हैं: समबाहु त्रिभुज (a), त्रिभुजीय पिरामिड (b) या अंग्रेजी अक्षर T की (c):

(a) (b) (c)

रैखिक AB_2, त्रिभुजीय AB_3, चतुष्फलकीय तथा वर्गाकार AB_4 अणुओं में A—B अनुबंधों के द्विध्रुवी आघूर्ण एक दूसरे की पूर्त्ति करते हैं जिसके फलस्वरूप इन अणुओं के द्विध्रुव आघूर्णों का संकलन शून्य के बराबर है। अलग-अलग अनुबंधों की ध्रुवता के बावजूद भी ऐसे अणु अध्रुवीय होते हैं।

V—कोणिक आकार वाले AB_2 अणुओं, पिरामिड तथा T आकार वाले AB_3 अणुओं में अलग अलग अनुबंधों के द्विध्रुव आघूर्णों की पारस्परिक पूर्त्ति नहीं होती है; ऐसे अणुओं के द्विध्रुव आघूर्ण शून्य के बराबर नहीं होते हैं।

उदाहरण 2. अमोनिया अणु का द्विध्रुव आघूर्ण 1.48 D है। द्विध्रुव की लंबाई कलित करें। क्या यह सोचा जा सकता है कि अणु समत्रिभुजी आकार का है?

हल . $\mu = 1.48 D = 1.48 \times 3.33 \times 10^{-30} C \cdot m = 4.93 \times 10^{-30} C \cdot m$

$q = 1.60 \times 10^{-19}$ C

अत : $l = \frac{\mu}{q} = \frac{4.93 \times 10^{-30}}{1.60 \times 10^{-19}} = 3.08 \times 10^{-11}$ m $= 0.0308$ nm

NH_3 अणु समत्रिभुजी आकार का नहीं हो सकता क्योंकि इस हालत में इसका द्विध्रुव आघूर्ण शून्य के बराबर होता। इसका वास्तविक आकार एक त्रिभुजाकार पिरामिड जैसा होगा, जिसका शीर्ष नाइट्रोजन परमाणु तथा आधार के सिरे हाइड्रोजन परमाणु होंगे।

अणुओं की ज्यामितिक संरचना अर्थात सहसंयोजी अनुबंधों की दिशाओं की प्रकृति समझाने के लिये केन्द्रीय परमाणु के प०क० के संकरण की धारणा का प्रयोग करते हैं। इस धारणा के अनुसार रासायनिक अनुबंधों के बनने से पहले परमाणु के संयोजकता कक्षकों में परिवर्तन उत्पन्न हो सकते हैं; ऊर्जा की दृष्टि से परमाणुओं के असमान कक्षक "अतिमिश्रण" से समान ऊर्जा वाले कक्षक बन जाते हैं। इसके दौरान इलेक्ट्रानी घनत्व का पुनर्वितरण होता है जिसके लिये ऊर्जा के व्यय की जरूरत पड़ती है तथा जो विलगित परमाणुओं में कार्यान्वित नहीं हो पाता है। संकरण के फलस्वरूप इलेक्ट्रानी अभ्र व्यति क्रियाशील परमाणु की दिशा में फैल जाता है जिससे इलेक्ट्रानी अभ्र का इसके साथ अतिव्यामन बढ़ जाता है। इसके परिणामस्वरूप अधिक दृढ़ रासायनिक अनुबंध बनता है और अतिरिक्त ऊर्जा की प्राप्ति होती है जो संकरण में व्यय हुई ऊर्जा की क्षतिपूर्ति करती है।

संकरित प०क० की संख्या संकरण में भाग लेने वाले परमाणु के मूल प०क० की संख्या के बराबर होती है। अगर संकरण में एक s-तथा एक p-कक्षक भाग लेता है (sp-संकरण) तो दो समान संकरित sp-कक्षक बन जाते हैं; एक s-तथा दो p^2-कक्षक तीनsp^2-कक्षक (sp^2 संकरण) बनाते हैं आदि।

एक निश्चित किस्म के संकरण के लिये संकरित अभ्र परमाणु में इस प्रकार स्थित होते हैं कि इलेक्ट्रानों के बीच पारस्परिक क्रिया निम्नतम रहे अर्थात वे एक दूसरे से ज्याहा से ज्यादा दूर रहें। अत: sp-संकरण में इलेक्ट्रानी अभ्र विपरीत दिशाओं में खिंचे होते हैं तथा sp^2 – संकरण में इलेक्ट्रानी अभ्रों की दिशाएं एक ही समतल

में होती हैं और परस्पर 120° का कोण बनाती हैं (अर्थात समबाहु त्रिभुज के कोनों की दिशाओं में), sp^3 – संकरण में चतुष्फलकीय कोनों की दिशाओं में (इन दिशाओं के बीच का कोण 109°28′ है) तथा sp^3d^2 – संकरण में अष्टफलकीय कोनों की दिशाओं में (अर्थात एक दूसरे के प्रति लंब की दिशाओं में)। सारणी 2 में चुने हुए संकरणों में संकरित इलेक्ट्रानी अभ्रों के अक्षों की पारस्परिक दिशाएं दिखायी गयी हैं। प्रत्येक तीर किसी एक अभ्र के अक्ष की दिशा दर्शाता है।

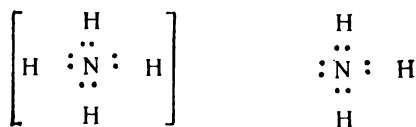
सारणी 2

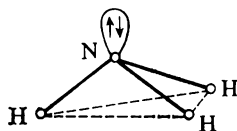
संकरण का रूप	sp	sp^2	sp^3	sp^3d^2
संकरण अभ्रों की संख्या	2	3	4	6
संकरण अभ्रों के अभिविन्यास की दिशा	←o→			

अणु की व्यौमिक संरचना केन्द्रीय परमाणु में संयोजकता कक्षकों के संकरण की किस्म तथा संयोजकता इलेक्ट्रानी सतह में अभिन्न इलेक्ट्रानी जोड़ों की संख्या द्वारा निर्धारित होती है।

उदाहरण 3. NH_4^+ आयन तथा NH_3 अणु नाइट्रोजन के प० क० के किस प्रकार के संकरण से बनते हैं? इन कणों की व्यौमिक संरचना क्या है?

हल. अमोनियम आयन तथा अमोनिया अणु दोनों में नाइट्रोजन परमाणु की संयोजकता इलेक्ट्रानी सतह में चार इलेक्ट्रान जोड़े हैं:

$$\left[\begin{array}{ccc} & H & \\ H & :\ddot{\underset{\cdot\cdot}{N}}: & H \\ & H & \end{array}\right] \qquad \begin{array}{cc} H & \\ :\ddot{\underset{\cdot\cdot}{N}}: & H \\ H & \end{array}$$

अत: दोनों अवस्थाओं में नाइट्रोजन परमाणु के इलेक्ट्रानी अभ्र sp^3-संकरण में एक दूसरे से सबसे ज्यादा दूरी पर रहेंगे, जब उनके अक्ष चतुष्फलक के कोनों की ओर उन्मुख होंगे। NH_4^+ आयन में चतुष्फलक के सारे कोने हाइड्रोजन परमाणुओं से घिरे हुए हैं जिससे इस आयन का विन्यास चतुष्फलकीय है (नाइट्रोजन परमाणु इस चतुष्फलक के केन्द्र में है)।

जब अमोनिया अणु बनता है, हाइड्रोजन परमाणु चतुष्फलक के केवल तीन कोन घेरते हैं तथा नाइट्रोजन परमाणु के अविभाजित इलेक्ट्रानी जोड़ो का इलेक्ट्रानी अभ्र चौथे कोने की ओर उन्मुख है। इसे निम्न प्रकार से दिखाया जा सकता है:

प्राप्त आकृति त्रिभुजाकर पिरामिड है जिसके शीर्ष पर नाइट्रोजन परमाणु है तथा आधार के कोनों पर हाइड्रोजन परमाणु।

प्रश्न

251. HCl अणु का द्विध्रुव आघूर्ण 2.9D है। द्विध्रुव की लंबाई का कलन करें।

252. हाइड्रोजन फ्लुओराइड अणु के द्विध्रुव की लंबाई 4×10^{-1}m है। कूलाम-मीटरों तथा डेबाइयों में इसका द्विध्रुव आघूर्ण कलन करें।

253. H_2O तथा H_2S अणुओं के द्विध्रुवी आघूर्ण क्रमश: 1.84 व 0.94D हैं। द्विध्रुवों की लंबाइयां ज्ञात करें। किस अणु में अनुबंध ज्यादा ध्रुवीय है? इन अणुओं में अनुबंधों के द्विध्रुवीय आघूर्णों की दिशायें बताइये।

254. अध्रुवीय $BeCl_2$ अणु की व्यौमिक संरचना का वर्णन कीजिये। बेरिलियम के कौनसे प०क० Be—Cl अनुबंधों के निर्माण में भाग लेते हैं?

255. SO_2 अणु का द्विध्रुव आघूर्ण 1.61D तथा CO_2 अणु का शून्य है। क्या संयोजकता कोण OSO तथा OCO समान हैं? अपने उत्तर का कारण समझाइये।

256. CS_2 अणु का द्विध्रुव आघूर्ण शून्य है। यह अणु कार्बन के प०क० के किस किस्म के संकरण से बनता है?

257. BF_3 तथा NF_3 अणुओं के द्विध्रुव आघूर्ण O तथा 0.2D है। बोरान तथा नाइट्रोजन के किस किस्म के संकरण से ये दोनों अणु बनते हैं?

258. अणुओं CH_4, C_2H_6, C_2H_4, C_2H_2 के बनने में कार्बन के प०क० के संकरण की किस्में बताइये।

259. SiH_4 तथा SiF_4 अणुओं में सिलिकन के प०क० के संकरण की किस्म क्या होती है? क्या ये अणु ध्रुवीय हैं?

260. SO_2 तथा SO_3 अणुओं में सल्फर परमाणु sp^2-संकरण की अवस्था में है। क्या ये अणु ध्रुवीय हैं? इनकी व्यौमिक संरचना क्या है?

261. HF के साथ SiF_4 की व्यतिक्रिया से तीव्र अम्ल H_2SiF_6 प्राप्त होता है जो H^+ तथा SiF_6^{2-} आयनों में वियोजित हो जाता है। क्या CF_4 तथा HF के बीच भी इसी प्रकार की अभिक्रिया हो सकती है? SiF_6^{2-} आयन में सिलिकन के प०क० के संकरण की किस्म बताइये।

अपना ज्ञान परखिये

262. क्या BF_3 तथा NF_3 अणुओं का ज्यामितिक विन्यास एक जैसा है?

(a) हां; (b) नहीं।

क्योंकि (1) दोंनों अणुओं में केन्द्रीय परमाणु की सहसंयोजकता एक जैसी है; (2) एक अणु ध्रुवीय है तथा दूसरा अध्रुवीय है।

263. BF_3 या NH_3 में से कौनसे अणु में द्विध्रुव आघूर्ण का मान अधिक है? (a) द्विध्रुव आघूर्ण बराबर हैं; (b) BF_3 में; (c) NH_3 में।

क्योंकि NH_3 अणु के मुकाबले BF_3 अणु में परमाणुओं की वैद्युत-ऋणात्मकताओं का अंतर अधिक है, (2) BF_3 की संरचना समतलीय है तथा NH_3 अणु की पिरामिडाकार है; (3) नाइट्रोजन परमाणु में इलेक्ट्रानों का अविभाजित जोड़ा है तथा बोरान परमाणु में स्वतंत्र (रिक्त) संयोजकता कक्षक है।

264. कार्बन डाइआक्साइड अणु में कार्बन के प०क० के संकरण की किस्म बताइये। (a) sp; (b) sp^2; (c) sp^3; (d) इस अणु में कोई संकरण नहीं घटता है।

क्योंकि (1) कार्बन परमाणु के सभी संयोजकता इलेक्ट्रान अनुबंधों के निर्माण में भाग लेते हैं; (2) 2p-कक्षक में कार्बन

परमाणु में दो अविभाजित इलेक्ट्रान हैं; (3) CO_2 अणु रैखिक संरचना वाला होता है।

3. आयनी अनुबंध. आयनों का ध्रुवण

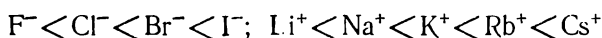
आयनी अनुबंध की न तो दिशा होती है और न ही संतृप्तता। इसलिये आयनी यौगिकों में युग्मन अर्थात परस्पर जुड़ने की प्रकृति होती है। ठोस अवस्था में सभी आयनी यौगिक आयनी क्रिस्टलीय जाली बनाते हैं जिसमें प्रत्येक आयन विपरीत चिन्हों वाले अनेक आयनों से घिरा होता है। दिये गये आयन के पड़ोसी आयनों के साथ अनुबंध समान होते हैं जिसके कारण समस्त क्रिस्टल को एकल परमाणु समझा जा सकता है।

आयनी यौगिकों के गुण उनके अंदर आयनों के पारस्परिक ध्रुवण से लक्षित होते हैं। आयन का ध्रुवण पड़ोसी आयन के वैद्युत क्षेत्र के प्रभावस्वरूप नाभिक तथा उसके चारों ओर स्थित बाह्य इलेक्ट्रानी अभ्र के सापेक्षिक विस्थापन में व्यक्त किया जाता है; संयोजकता इलेक्ट्रान धनायनों की ओर विस्थापित होते हैं। इलेक्ट्रानी अभ्र के इस अपरूपण से अनुबंध का आयनी स्तर घट जाता है तथा यह ध्रुवीय सहसंयोजी अनुबंध में परिवर्तित हो जाता है।

आयनों की ध्रुवणीयता (अर्थात बाह्य वैद्युत क्षेत्र के प्रभावस्वरूप उनकी अपरूपण क्षमता) की निम्न विशेषताएं होती है:

1. आवेश के समान परम मान तथा आयनों की समान त्रिज्याएं होने पर धनायनों की अपेक्षा ऋणायनों की ध्रुवणीयता (ध्रुवण-क्षमता) अधिक होती है।

2. आयनी त्रिज्या अर्थात इलेक्ट्रानी सतहों की संख्याओं की वृद्धि से समान इलेक्ट्रान संरचना वाले आयनों की ध्रुवणीयता बढ़ जाती है। उदाहरणतया, हैलाइड तथा क्षारीय धातु आयनों की ध्रुवणीयता निम्न क्रम से बढ़ती है:

$$F^- < Cl^- < Br^- < I^-;\ Li^+ < Na^+ < K^+ < Rb^+ < Cs^+$$

3. समान आवेश तथा समान आयनी त्रिज्या होने पर 18-इलेक्ट्रानी कोशों वाले आयनों (उदाहरणतया, Cu^+ तथा Cd^{2+})

की ध्रुवणीयता उत्कृष्ट गैसीय इलेक्ट्रानी संरचना वाले आयनों (Na^+, Ca^{2+} आदि) की ध्रुवणीयता से अधिक होती है।

आयन की ध्रुवण-शक्ति (अर्थात उसकी दूसरे आयन को अपरूपित करने, ध्रुवित करने की क्षमता) आवेश की वृद्धि तथा आयनी त्रिज्या के घटने के साथ बढ़ती जाती है तथा आयन की इलेक्ट्रानी संरचना पर बहुत निर्भर करती है। उत्कृष्ट गैसीय इलेक्ट्रानी संरचना वाले आयनों (जैसे, Ca^{2+} तथा Ba^{2+}) की ध्रुवण-शक्ति अपूर्ण इलेक्ट्रानी सतह वाले आयनों (Ti^{2+}, Fe^{2+}, Pb^{2+} आदि) की तुलना में क्षीण होती है। जिन आयनों की बाह्य सतह में 18 इलेक्ट्रान उपस्थित होते हैं, उनमें सबसे अधिक ध्रुवण-शक्ति होती है (Cu^+, Ag^+, Zn^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+})।

चूंकि ऋणायनों के आकार सामान्यत: धनायनों से बड़े होते हैं, ऋणायनों में धनायनों के मुकाबले ध्रुवणीयता अधिक तथा ध्रुवण-शक्ति कम होती है। अत: जब धनायन ऋणायन के साथ अभिक्रिया करता है, मुख्यत: ऋणायन ध्रुवित होता है; अधिकांश स्थितियों में धनायन के ध्रुवण की उपेक्षा की जा सकती है।

उदाहरण 1. Na^+ तथा Cu^+ की आयनी त्रिज्याएं समान हैं (0.098nm)। सोडियम क्लोराइड (801°C) तथा कापर (I) क्लोराइड (430°C) के गलनांकों में अंतर समझाइये।

हल. Na^+ तथा Cu^+ आयनों का आवेश तथा आकार (परिमाण) समान होने के कारण इनकी ध्रुवण-शक्ति में अंतर समझाने के लिये इनकी इलेक्ट्रानी संरचना की विशेषताओं पर ध्यान देना पड़ेगा। आयन Cu^+ 18 इलेक्ट्रान बाह्य कोश वाला है और उत्कृष्ट गैसीय इलेक्ट्रानी संरचना वाले Na^+ आयन की तुलना में Cl^- ऋणायन को अधिक शक्ति के साथ ध्रुवित करता है। अत: कापर (I) क्लोराइड में ध्रुवण के फलस्वरूप सोडियम क्लोराइड के मुकाबले इलेक्ट्रानी आवेश का ज्यादा भाग ऋणायन से धनायन की ओर स्थानान्तरित होता है। CuCl क्रिस्टल के आयनों के प्रभावी आवेश NaCl की अपेक्षा छोटे होते हैं जबकि दोनों के बीच वैद्युत स्थैतिक प्रतिक्रिया क्षीण होती है। इसी कारण से NaCl के मुकाबले

CuCl का गलनांक निम्न होता है – NaCl की क्रिस्टलीय जाली शुद्ध आयनी किस्म के समीप होती है।

उदाहरण 2. कैल्सियम फ्लुओराइड 1000°C पर भी परमाणुओं में वियोजित नहीं होता है जबकि कापर (II) आयोडाइड साधारण ताप पर ही अस्थायी होता है। इन यौगिकों की दृढ़ता में अंतर किस प्रकार समझा सकते हैं?

हल. 17-इलेक्ट्रानी बाह्य कोश तथा अपेक्षाकृत छोटी त्रिज्या (0.08nm) वाले Cu^{2+} आयन में ध्रुवण-शक्ति प्रबल होती है जबकि बड़े परिमाणों (r-0.22nm) वाले I^- आयन की ध्रुवणीयता उच्च होती है। अत: Cu^{2+} धनायन द्वारा I^- ऋणायन के ध्रुवण के फलस्वरूप इलेक्ट्रान ऋणायन से धनायन की ओर विस्थापित होता है: Cu^{2+} आयन Cu^+ में अपचयित हो जाता है तथा I^- आयन स्वतंत्र आयोडीन में आक्सीकृत हो जाता है। CuI_2 यौगिक होता ही नहीं है।

Ca^{2+} आयन उत्कृष्ट गैसीय इलेक्ट्रानी संरचना वाला होता है और इसकी त्रिज्या 0.104nm होती है; इसी कारण ऋणायन पर इसकी ध्रुवण-क्रिया Cu^{2+} आयन के मुकाबले क्षीण होती है। दूसरी ओर अपेक्षाकृत छोटे परिमाणों (r-0.133nm) वाले F^- आयन की ध्रुवणीयता I^- आयन से निम्न होती है। जब क्षीण रूप से ध्रुवित Ca^{2+} धनायन क्षीण ध्रुवणीय ऋणायन F^- के साथ व्यतिक्रिया करता है, आयनों के इलेक्ट्रानी कोश लगभग अपरूपित नहीं होते हैं; यौगिक CaF_2 बहुत अधिक स्थायी होता है।

प्रश्न

265. आयनी अनुबंध की प्रकृति की धारणा के आधार पर समझाइये कि सामान्य परिस्थितियों में आयनी यौगिक पृथक अणुओं के रूप में न मिलकर आयनी क्रिस्टलों के रूप में क्यों मिलते हैं?

266. $CaCl_2$ का गलनांक 780°C तथा $CdCl_2$ का 560°C है; Ca^{2+} व Cd^{2+} आयनों की त्रिज्याएं क्रमश: 0.104 तथा 0.099nm हैं। गलनांकों का अंतर समझाइये।

267. CsF से CsI की ओर आते हुए क्रिस्टलों का गलनांक कम हो जाता है। गलनांकों में इस परिवर्तन का कारण समझाइये।

268. कापर (I) तथा रजत (I) हाइड्रोक्साइडों के अस्थायित्व के कारण बताइये।

269. AuCl की तुलना में $AuCl_3$ का स्थायित्व निम्न होता है तथा $PbCl_4$ का PbC_2 से निम्न होता है । इस अंतर को समझाइये।

270. K_2CO_3 890°C पर वियोजित हुए बिना प्रगलित हो जाता है जबकि Ag_2CO_3 220°C पर ही वियोजित हो जाता है। इस अंतर का कारण बताइये।

271. $BaCl_2$ जलीय विलयनों में पूर्णतया वियोजित हो जाता है जबकि $HgCl_2$ लगभग न के बराबर वियोजित होता है। लवणों के गुणों में इस अंतर को समझाइये।

अपना ज्ञान परखिये

272. निम्न आयनों में से किस आयन में ध्रुवण-शक्ति उच्च है? (a)Na^+; (b)Ca^{2+}; (c)Mg^{2+}; (d)Al^{3+}।

273. SrF_2 तथा PbF_2 में से किस यौगिक का गलनांक उच्च है?
(a)SrF_2; (b)PbF_2 (c) दोनों के गलनांक लगभग बराबर हैं।

क्योंकि (1)Sr^{2+} व Pb^{2+} आयनों की त्रिज्याओं के मान मिलते-जुलते हैं; (2)Sr-F अनुबंध Pb-F अनुबंध की अपेक्षा अधिक आयनी होता है।

274. $MgCO_3$ व $ZnCO_3$ में से कौनसा यौगिक ताप के प्रति अधिक स्थायी है?
(a)$MgCO_3$; (b)$ZnCO_3$।

क्योंकि (1) मैग्नीशियम हाइड्रोक्साइड केवल भस्मी गुण प्रदर्शित करता है जबकि जिंक हाइड्रोक्साइड उभयधर्मी होता है;
(2) उत्कृष्ट गैसीय इलेक्ट्रानी संरचना वाला धनायन उसी आकार तथा बाह्य सतह के 18-इलेक्ट्रान संरचना वाले धनायन की तुलना में ऋणायन पर कम ध्रुवण प्रभाव डालता है।

275. Ca^{2+} व Cd^{2+} में से कौनसा आयन ऋणायनों पर प्रबल ध्रुवण प्रभाव डालता है?

(a) Ca^{2+}; (b) Cd^{2+}; (c) इन आयनों का ध्रुवण प्रभाव समान होता है।

क्योंकि (1) आयनों के आवेश समान तथा त्रिज्याएं काफी मिलती-जुलती हैं [$r(Ca^{2+})=0.104nm$ तथा $r(Cd^{2+})=0.099nm$]; (2) तत्वों की आवर्त सारणी में कैल्सियम का स्थान चौथे आवर्त में है तथा कैडमियम का पाँचवें आवर्त में; (3) Ca^{2+} आयन उत्कृष्ट गैसीय इलेक्ट्रानी संरचना वाला होता है तथा Cd^{2+} आयन की 18-इलेक्ट्रान बाह्य सतह वाली संरचना है।

4. हाइड्रोजन अनुबंध. अंतराआण्विक पारस्परिक व्यतिक्रिया.

हाइड्रोजन परमाणु एक अति वैद्युत ऋणात्मक तत्व के परमाणु के साथ युग्मित होकर एक और रासायनिक अनुबंध बना सकता है, जिसे हाइड्रोजन अनुबंध के नाम से जाना जाता है। हाइड्रोजन अनुबंधों की उपस्थिति से जल, हाइड्रोजन फ्लुओराइड तथा अनेक कार्बन यौगिक काफी मात्रा में बहुलकित हो जाते हैं। उदाहरण के लिये मध्यम तापमानों पर हाइड्रोजन फ्लुओराइड बहुलक $(HF)n$ होता है जहां n का मान छ: तक पहुंच सकता है तथा फार्मिक अम्ल गैसीय अवस्था में भी द्विलक होता है।

हाइड्रोजन अनुबंधों की ऊर्जा प्राय: 8 से 40kJ/mol के बीच होती है। हाइड्रोजन अनुबंधों की उपस्थिति के कारण कुछ पदार्थों के गलनांक तथा क्वथनांक काफी उच्च होते हैं क्योंकि इन अनुबंधों को तोड़ने के लिये अतिरिक्त ऊर्जा की आवश्यकता पड़ती है।

उदाहरण 1. सामान्य ताप पर हाइड्रोजन सल्फाइड गैस होती है तथा जल द्रव होता है। इन दोनों के गुणों में इस अंतर को कैसे समझा सकते हैं?

हल. आक्सीजन सल्फर से अधिक वैद्युत ऋणात्मक तत्व होता

है। अत: हाइड्रोजन सल्फाइड* के अणुओं की तुलना में जल के अणुओं के बीच हाइड्रोजन अनुबंध अधिक प्रबल होते हैं। जल के गैसीय अवस्था में परिवर्तित होने के लिये इन अनुबंधों को तोड़ने की आवश्यकता पड़ती है जो ऊर्जा के अतिरिक्त से संबंधित है। इसके फलस्वरूप जल के गलनांक में असामान्य वृद्धि हो जाती है।

द्रव या ठोस पदार्थ के कणों को एक दूसरे के निकट रखने वाले बल वैद्युत प्रकृति के होते हैं। परंतु कणों की प्रकृति के अनुसार ये बल एक-दूसरे से बिल्कुल भिन्न होते हैं: ये इस बात पर निर्भर करते हैं कि कण धात्विक तत्व के परमाणु हैं या अधात्विक तत्वों के, आयन हैं या अणु। आण्विक संरचना वाले पदार्थों में अंतराआण्विक पारस्परिक व्यतिक्रियाएं घटती हैं। इन व्यतिक्रियाओं के बलों को वान्डर वाल्स बल कहते हैं तथा ये बल सहसंयोजी अनुबंधों के निर्माण के लिये आवश्यक बलों से क्षीण होते हैं, परन्तु वे अधिक दूरियों पर प्रकट होते हैं। ये आण्विक द्विध्रुवों की वैद्युत स्थैतिक व्यतिक्रिया पर आधारित होते हैं।

अंतराआण्विक व्यतिक्रिया तीन प्रकार की होती है: अभिविन्यासी या द्विध्रुवी-द्विध्रुवी, प्रेरण तथा विक्षेपण व्यतिक्रिया।

उदाहरण 2. उत्कृष्ट गैसों के क्वथनांक (k में) निम्न हैं:

He	Ne	Ar	Kr	Xe	Rn
4.3	27.2	87.3	119.9	165.0	211.2

उत्कृष्ट गैस के परमाणु क्रमांक में वृद्धि के अनुसार क्वथनांक की वृद्धि कैसे समझायी जा सकती है?

हल. उत्कृष्ट गैसों के परमाणुक क्रमांक में वृद्धि के साथ-साथ उनके परमाणुओं के परिमाण बढ़ते जाते हैं, परंतु परमाणु की ब्राह्य सतह की इलेक्ट्रानी संरचना एक जैसी बनी रहती है। अत: परमाणुओं की ध्रुवणीयता बढ़ती जाती है जिसके फलस्वरूप उनके बीच विक्षेप बलों की व्यतिक्रियाएं भी बढ़ जाती हैं। द्रव अवस्था से गैसीय अवस्था

---

*H_2S अणुओं के बीच हाइड्रोजन अनुबंधों की ऊर्जा बहुत अल्प होती है—यह साधारण ताप पर अणुओं की तापीय गति की औसत ऊर्जा से कम होती है। अत: हाइड्रोजन सल्फाइड के गुणों पर हाइड्रोजन अनुबंधों के बनने से कोई असर नहीं पड़ता।

में ग्राते समय परमाणुग्रों के एक-दूसरे से ग्रलग होने के लिये ऊर्जा के व्यय की ग्रावश्यकता लगातार बढ़ती जाती है। गलनांकों में वृद्धि का यही कारण है।

प्रश्न

276. वान्डर वाल्स बलों की प्रकृति क्या होती है? Ne, N_2, HI, Cl_2, BF_3 तथा H_2O को संघनित ग्रवस्था में लाने के लिये किस किस्म की व्यतिक्रिया करानी चाहिये?

277. BF_3, BCl_3, BBr_3 तथा BI_3 के क्वथनांक क्रमश: 172, 286, 364 तथा 483 K हैं, इस नियमितता की व्याख्या करें।

278. NF_3, PF_3 तथा AsF_3 के क्वथनांक क्रमश: 144, 178 व 336 K हैं। इस नियमितता की व्याख्या करें।

279. समान यौगिकों की शृंखलाग्रों के लिये क्वथनांक Tb, वाष्पन ऊष्माएं ΔH तथा द्विध्रुवीय ग्राघूर्ण μ नीचे दिये गये हैं:

	T_b, K	$\Delta H_{वाष्पन}$ kJ/mol	μ, D
HF	292.7	32.6	1.91
HCl	188.1	16.2	1.03
HBr	206.4	17.6	0.79
HI	237.8	19.8	0.42
H_2O	373.0	40.7	1.84
H_2S	212.8	18.7	0.93
H_2Se	231.7	19.9	0.24
H_2Te	271	23.4	—
NH_3	239.7	23.3	1.48
PH_3	185.7	14.7	0.55
AsH_3	210.7	16.7	0.03
SbH_3	255	21.1	—

समझाइये, यौगिकों की प्रत्येक शृंखला में Tb तथा ΔH ग्रणुग्रों में ध्रुवीयता के क्रमबद्ध मानों में बड़े ग्रन्तर के बावजूद क्यों Tb ग्रौर ΔH में ग्रंतर बड़ा होता है।

अध्याय 5

रासायनिक अभिक्रियाओं के मुख्य नियम

1. अभिक्रियाओं में ऊर्जा का रूपांतरण. तापीय-रासायनिक परिकलन

रासायनिक प्रणालियों के कुछ महत्त्वपूर्ण मान निम्न हैं: आंतरिक ऊर्जा U, एन्थैल्पी H, एन्ट्रॉपी S तथा गिब्ज ऊर्जा (संभारिक-समतापी विभव) G। ये सारे मान अवस्था के फलन होते हैं अर्थात केवल प्रणाली की अवस्था पर निर्भर करते हैं न कि इस अवस्था को प्राप्त करने की विधि पर।

रासायनिक अभिक्रिया के दौरान अभिकारी प्रणाली की आंतरिक ऊर्जा परिवर्तित होती है। अगर प्रणाली की आंतरिक ऊर्जा घटती है ($\Delta U < O$), तो अभक्रिया के समय ऊर्जा का निकास होता है (ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया) और अगर प्रणाली की आंतरिक ऊर्जा बढ़ती है ($\Delta U > O$) तब अभिक्रिया के दौरान परिवेशी माध्यम से ऊर्जा अवशोषित की जाती है (ऊष्माशोषी अभिक्रिया)।

अगर रासायनिक अभिक्रिया के फलस्वरूप किसी प्रणाली ने ऊष्मा की मात्रा Q अवशोषित की तथा कार्य W संपन्न किया, तो आंतरिक ऊर्जा ΔU में परिवर्तन निम्न समीकरण द्वारा ज्ञात किया जा सकता है:

$$\Delta U = Q - W$$

ऊर्जा संरक्षण-नियम के अनुसार ΔU क्रिया के घटने की विधि पर नहीं बल्कि प्रणाली की आरंभिक तथा अंतिम अवस्थाओं पर निर्भर करती है। इसके विपरीत अगर क्रिया विभिन्न तरीकों से की जाती है तो Q और W के मान विभिन्न होंगे: इन मानों में अंतर (अर्थात Q=W) अवस्था का फलन ही है न कि दोनों में से हरेक मान। U, Q तथा W के फलन प्राय: जूलों या किलोजूलों में व्यक्त करते हैं।

अगर अभिक्रिया स्थिर आयतन ($\Delta V = O$, सम आयतनिक क्रिया) में घटती है तो प्रणाली के विस्तार का कार्य ($W = P\Delta V$)

शून्य के बराबर होता है। अगर और किसी किस्म का कार्य नहीं किया जाता (उदाहरणतया, वैद्युत) तो ΔU-Qv, जहां Qv स्थिर आयतन पर अभिक्रिया का ऊष्मा प्रभाव है (अर्थात प्रणाली द्वारा अवशोषित ऊष्मा की मात्रा)। ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया के लिये $Qv < O$ तथा ऊष्माशोषी अभिक्रिया के लिये $Qv > O$।*

प्राय: रासायनिक अभिक्रियाएं स्थिर आयतन में नहीं बल्कि स्थिर दाब P पर ($\Delta P = O$ समभारिक क्रिया) घटती हैं। इन हालतों में आंतरिक ऊर्जा U के स्थान पर एन्थैल्पी H का प्रयोग ज्यादा सुविधाजनक रहता है। एन्थैल्पी को निम्न समीकरण द्वारा ज्ञात किया जाता है:

$$H = U + P\Delta V$$

हम देखते हैं कि एन्थैल्पी का परिमाण वही है जो आंतरिक ऊर्जा का है, अत: यह प्राय: जूलों या किलोजूलों में व्यक्त की जाती है।

स्थिर दाब पर

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V$$

अर्थात एन्थैल्पी में परिवर्तन आंतरिक ऊर्जा (ΔU) में परिवर्तन तथा तंत्र द्वारा संपन्न विस्तार कार्य ($P\Delta V$) के योग के बराबर होता है। अगर और किसी प्रकार के कार्य संपन्न नहीं किये गये हैं, तो $\Delta H = Qp$, जहां Qp स्थिर दाब पर अभिक्रिया का तापीय प्रभाव है। ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया के लिये $Qp < O$ तथा ऊष्माशोषी अभिक्रिया के लिये $Qp > O$।

---

*ऊष्मा प्रभावों के ये चिह्न रासायनिक ऊष्मागति विज्ञान में अपनाये गये हैं। ऊष्मारसायन में प्राय: विपरीत चिह्न प्रयोग किये जाते हैं अर्थात प्रणाली द्वारा उत्सर्जित ऊर्जा को धनात्मक मानते हैं। परंतु ऊष्मा प्रभावों के चिह्न कुछ भी क्यों न हों – ऊर्जा के उत्सर्जन के साथ घटने वाली अभिक्रिया की ऊष्माक्षेपी तथा ऊर्जा के शोषण के साथ घटने वाली अभिक्रिया की ऊष्माशोषी कहते हैं।

ग्रांतरिक ऊर्जा या एन्थैल्पी में परिवर्तन ग्राम तौर पर उस स्थिति के लिये माना जाता है, जब सभी ग्रभिकारक तथा उत्पाद मानक ग्रवस्था में होते हैं। किसी पदार्थ की एक निश्चित तापमान पर मानक ग्रवस्था उस ग्रवस्था को कहते हैं जब यह पदार्थ सामान्य वायुमंडलीय दाब (101.325 kPa या 760 mm Hg) पर कुछ शुद्ध रूप में होता है (गैसों के लिये ग्रांशिक दाब लिया जाता है)। ग्रगर ग्रभिक्रिया में भाग लेने वाले सारे पदार्थ मानक ग्रवस्थाग्रों में होते हैं, तो इसके प्रचलन की परिस्थितियां ग्रादर्श परिस्थितियां मानी जाती हैं। इनमें हुए तदनुकूल मानों में परिवर्त्तन ग्रादर्श परिवर्त्तन कहलाते हैं। वे ऊपरी सूचकांक° से द्योतित होते हैं। उदाहरण के लिये, ΔU° किसी रासायनिक ग्रभिक्रिया की ग्रांतरिक ऊर्जा में ग्रादर्श परिवर्त्तन व्यक्त करता है तथा ΔH° उसकी एन्थैल्पी में ग्रादर्श परिवर्त्तन व्यक्त करता है (या संक्षेप में ΔH° ग्रभिक्रिया की ग्रादर्श एन्थैल्पी है)।

सरल पदार्थ से प्रदत्त पदार्थ के एक मोल के बनने में जो ग्रभिक्रिया घटती है, उसकी ग्रादर्श एन्थैल्पी को उस पदार्थ की ग्रादर्श संभवन एन्थैल्पी * कहते हैं। यह मान प्राय: किलोजूल प्रति मोल में व्यक्त किया जाता है।

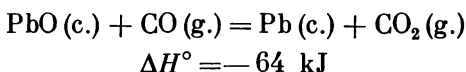
ऊपर दी गयी व्याख्या के ग्रनुसार सरल पदार्थों की संभवन-एन्थैल्पी तथा ग्रान्तरिक ऊर्जा संभवन शून्य के बराबर होता है। ग्रगर कोई तत्व कई सरल पदार्थ बनाता है (ग्रेफाइट तथा हीरक, श्वेत व लाल फास्फोरस ग्रादि), तो दी गयी परिस्थितियों में सर्वाधिक स्थायी रूप में तत्व की ग्रवस्था मानक समझी जाती है (कार्बन के लिये ग्रेफाइट,

---

* इसके लिये ग्रक्सर संक्षिप्त संज्ञाएं, जैसे संभवन-एन्थैल्पी, संभवन-ऊर्जा, ग्रादि इस्तेमाल की जाती हैं। यहां ग्रभिप्राय ग्रादर्श मानों से होता है। जब संभवन ऊष्मा की बात करते हैं, मगर ग्रभिक्रिया के प्रचलन की परिस्थितियों का जिक्र नहीं करते हैं, तो ध्यान में रखते हैं कि ग्रभिक्रिया में स्थिर दाब (Q_p) पर ऊष्मा संभवन होता है।

ग्राक्सीजन के लिये O_2, ग्रादि); जिसकी संभवन-एन्थैल्पी तथा ग्रान्तरिक ऊर्जा शून्य के बराबर ली गयी हैं)।

एन्थैल्पी में परिवर्तन दर्शाने वाले रासायनिक समीकरणों को ऊष्मारासायनिक समीकरण कहते हैं। उदाहरण के लिये, समीकरण

$$PbO\,(c.) + CO\,(g.) = Pb\,(c.) + CO_2\,(g.)$$
$$\Delta H^\circ = -64\ kJ$$

यह बताता है कि जब PbO का एक मोल कार्बन (II) ग्राक्साइड के साथ ग्रपचयित किया जाता है तो 64kJ उष्मा का उत्सर्जन होता है*। चिंह्न (c.), (lq.) व (g.) पदार्थ की तीन ग्रवस्थाग्रों के प्रतीक हैं – क्रिस्टलीय, द्रव व गैसीय।

सन 1840 में हेस नामक वैज्ञानिक ने ऊर्जा संरक्षण नियम के ग्राधार पर प्रयोगों द्वारा एक नया नियम प्रस्तुत किया जिसका नाम "हेस नियम" रखा गया। यह नियम ऊष्मारासायनिक परिकलनों का ग्राधार है।

रासायनिक ग्रभिक्रिया का तापीय प्रभाव (ग्रर्थात ग्रभिक्रया के परिणामस्वरूप प्रणाली की एन्थैल्पी या ग्रांतरिक ऊर्जा में परिवर्तन) ग्रभिक्रिया में भाग ले रहे पदार्थों की ग्रारंभिक तथा ग्रंतिम ग्रवस्थाग्रों पर निर्भर करता है, यह क्रिया की मध्यवर्त्ती स्थितियों पर ग्राधारित नहीं होता है।

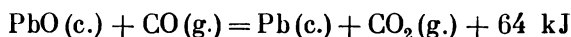
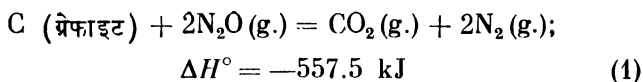
हेस के नियम से एक विशेष बात पता चलती है ग्रौर वह यह कि ऊष्मारासायनिक समीकरणों को जोड़ा ग्रौर घटाया जा सकता है तथा इनमें संख्यात्मक गुणजों से गुणा की जा सकती है।

उदाहरण 1. गैसीय कार्बन डाइग्राक्साइड की संभवन-ऊष्मा ($\Delta H^\circ = -393.5$ kJ/mol) तथा ऊष्मारासायनिक समीकरण

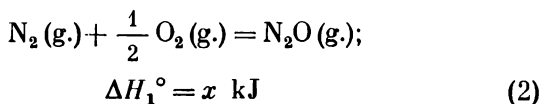
---

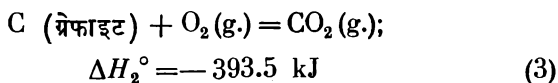
*ऊष्मारसायन में ऐसे समीकरण प्राय: दूसरी तरह से लिखे जाते हैं (पृ० 96 पर टिप्पणी देखिये):

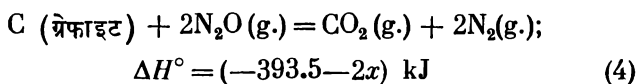
$$PbO\,(c.) + CO\,(g.) = Pb\,(c.) + CO_2\,(g.) + 64\ kJ$$

$$C\ (\text{ग्रेफाइट}) + 2N_2O\,(g.) = CO_2\,(g.) + 2N_2\,(g.);$$
$$\Delta H^\circ = -557.5\ \text{kJ} \qquad (1)$$

की सहायता से $N_2O(g.)$ की संभवन ऊष्मा का कलन करें।

हल. अज्ञात मान को x मानकर हम सरल पदार्थों से N_2O की संभवन ऊष्मा का ऊष्मारासायनिक समीकरण लिख देते हैं

$$N_2\,(g.) + \frac{1}{2}\,O_2\,(g.) = N_2O\,(g.);$$
$$\Delta H_1^\circ = x\ \text{kJ} \qquad (2)$$

सरल पदार्थों से $CO_2(g.)$ बनने की अभिक्रिया का ऊष्मारासायनिक समीकरण भी लिख देते हैं:

$$C\ (\text{ग्रेफाइट}) + O_2\,(g.) = CO_2\,(g.);$$
$$\Delta H_2^\circ = -393.5\ \text{kJ} \qquad (3)$$

समीकरणों (2) और (3) से हमें समीकरण (1) प्राप्त हो सकता है। इस समीकरण को प्राप्त करने के लिये हम समीकरण (2) को दो से गुणा करके प्राप्त समीकरण को समीकरण (3) में से घटा देते हैं। हमें निम्न समीकरण प्राप्त होता है:

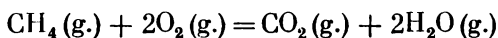
$$C\ (\text{ग्रेफाइट}) + 2N_2O\,(g.) = CO_2\,(g.) + 2N_2(g.);$$
$$\Delta H^\circ = (-393.5 - 2x)\ \text{kJ} \qquad (4)$$

समीकरण (1) और (4) की तुलना से हमें निम्न समीकरण मिलता है:

$$-393.5 - 2x = -557.5$$

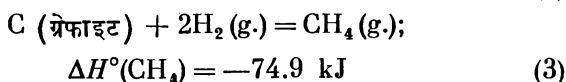
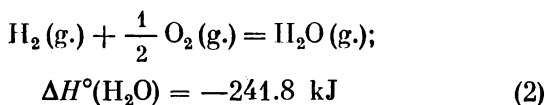
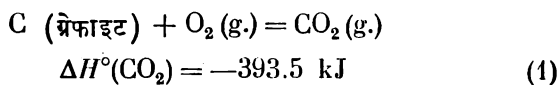
$$\text{जहां से } x = \frac{-557.5 + 393.5}{2}$$

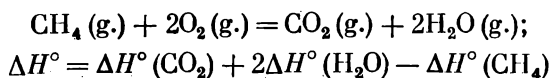
$$\text{अत}:\ x = 82.0\ \text{kJ/mol}$$

उदाहरण 2. मिथेन दहन की अभिक्रिया

$$CH_4\,(g.) + 2O_2\,(g.) = CO_2\,(g.) + 2H_2O\,(g.)$$

के लिये एन्थैल्पी में मानक परिवर्तन $\Delta H°$ ज्ञात करें। $CO_2(g.)$, $H_2O(g)$ तथा $CH_4(g.)$ की संभवन एन्थैल्पियां क्रमश: —393.5, —241.8 तथा —74.9kJ/mol है।

हल. हम CO_2, H_2O तथा CH_4 के बनने की संभवन-अभिक्रियाओं के ऊष्मारासायनिक समीकरण लिख देते है:

$$C \text{ (ग्रेफाइट)} + O_2 (g.) = CO_2 (g.)$$
$$\Delta H°(CO_2) = -393.5 \text{ kJ} \quad (1)$$
$$H_2 (g.) + \frac{1}{2} O_2 (g.) = H_2O (g.);$$
$$\Delta H°(H_2O) = -241.8 \text{ kJ} \quad (2)$$
$$C \text{ (ग्रेफाइट)} + 2H_2 (g.) = CH_4 (g.);$$
$$\Delta H°(CH_4) = -74.9 \text{ kJ} \quad (3)$$

समीकरण (2) को दो से गुणा करके प्राप्त समीकरण को समीकरण (1) में जोड़ कर मिले समीकरण में से समीकरण (3) घटा देते हैं, जिसके फलस्वरूप हमें आवश्यक अभिक्रिया का ऊष्मारासायनिक समीकरण प्राप्त हो जाता है:

$$CH_4 (g.) + 2O_2 (g.) = CO_2 (g.) + 2H_2O (g.);$$
$$\Delta H° = \Delta H° (CO_2) + 2\Delta H° (H_2O) - \Delta H° (CH_4)$$

उदाहरण के आंकड़ों से हमें अज्ञात मात्रा पता चल जाती है:

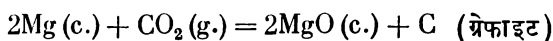
$$\Delta H° = -393.5 - 241.8 \times 2 + 74.9 = -802.2 \text{ kJ}$$

अंतिम उदाहरण हेस नियम के उपसिद्धांत का व्यावहारिक महत्व दर्शाता है, जिसका प्रयोग कई ऊष्मारासायनिक परिकलनों को सरल बना देता है:

रासायनिक अभिक्रिया की एन्थैल्पी में आदर्श परिवर्तन – अभिक्रिया के उत्पादों के बनने की आदर्श एन्थैल्पियों के योग के समान है जिसमें से अभिकारकों के बनने की आदर्श एन्थैल्पियों का योग घटाया जाता है।

दोनों बार योग करते समय समीकरण के अनुसार अभिक्रिया में भाग लेने वाले पदार्थों के मोलों की संख्या को ध्यान में रखना चाहिये।

उदाहरण 3. परिशिष्ट में दी गयी सारणी 5 की सहायता से निम्न अभिक्रिया के लिये ΔH° का मान निकालें:

$$2Mg\,(c.) + CO_2\,(g.) = 2MgO\,(c.) + C \quad (\text{ग्रेफाइट})$$

हल. सारणी 5 के अनुसार CO_2 तथा MgO के बनने की आदर्श एन्थैल्पियां क्रमश: – 393.5 तथा – 601.8 kJ/mol हैं (यहां हम पाठकों को याद दिलाना चाहते हैं कि सरल पदार्थों के बनने की आदर्श एन्थैल्पियां अर्थात आदर्श संभवन एन्थैल्पियां शून्य के बराबर होती हैं)।

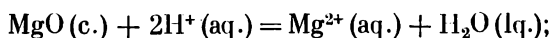
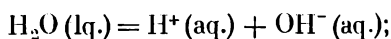
अत: अभिक्रिया की आदर्श एन्थैल्पी के लिये निम्न समीकरण प्राप्त होता है:

$$\Delta H^\circ = 2H^\circ(MgO) - \Delta H^\circ(CO_2)$$

अर्थात $\Delta H^\circ = -601.8 \times 2 + 393.5$

अत: $\Delta H^\circ = -810.1 \text{ kJ}$

उदाहरण 4. अभिक्रियाओं

$$MgO\,(c.) + 2H^+\,(aq.) = Mg^{2+}\,(aq.) + H_2O\,(lq.);$$
$$\Delta H_1^\circ = -145.6 \text{ kJ}$$
$$H_2O\,(lq.) = H^+\,(aq.) + OH^-\,(aq.);$$
$$\Delta H_2^\circ = 57.5 \text{ kJ}$$

के लिये ΔH° के मानों के आधार पर मैग्नीशियम आक्साइड के जल में विलयित होने के मान ΔH_3° का कलन करें।

aq का मतलब तनु जलीय विलयन है।

हल: हेस के नियम के अनुसार हम निम्न समीकरण लिख सकते हैं:

$$\Delta H_3^\circ = \Delta H_1^\circ + 2\Delta H_2^\circ$$

अत: $\Delta H_3^\circ = -145.5 + 57.5 \times 2 = 30.6 \text{ kJ}$

जिस दिशा में रासायनिक अभिक्रिया घटती है उसे निश्चित करने के लिये दो कारकों की सहायता ली जाती है: 1) प्रणाली की निम्नतम ऊर्जा अवस्था में आने की प्रवृति (समभारिक क्रियाओं के लिये निम्नतम एन्थैल्पी अवस्था) तथा 2) सबसे अधिक संभावना वाली अवस्था को प्राप्त करने की प्रवृति (माइक्रोस्टेट या माइक्रोअवस्था)।

रासायनिक अभिक्रिया में एन्थैल्पी में परिवर्तन समभारिक क्रियाओं के लिये प्रथम प्रवृति का मापदंड होता है: ΔH का ऋणात्मक चिन्ह जो प्रणाली की एन्थैल्पी में कमी का तथा धनात्मक चिन्ह जो वृद्धि का प्रतीक होता है।

एन्ट्रॉपी S तापप्रवेगिकी विज्ञान में प्रणाली की अवस्था की संभाविता की मापदंड होती है। यह मात्रा समान रूप से संभव सूक्ष्म अवस्थाओं* की संख्या के लघुगणक के अनुक्रमानुपाती होती है। जो प्रदत्त स्थूल अवस्था में उप्तन्न हो सकती हैं। एन्ट्रॉपी को ताप द्वारा विभाजित ऊर्जा में नापा जाता है तथा समान्यता: यह पदार्थ के एक मोल के तदनुरूप होती है (मोलीय एन्ट्रॉपी)। उसे $J/mol \cdot K$ में व्यक्त करते हैं।

ऊपर लिखी बातों से यह स्पष्ट हो से द्रव अवस्था तथा द्रव अवस्था से गैसीय अवस्था में परिवर्तित होने पर एन्ट्रॉपी बढ़ जाती है अर्थात जब क्रिस्टल विलयित होते हैं, गैसें फैलती हैं; रासायनिक अभिक्रियाओं में कणों की संख्या बढ़ जाती है, विशेषत: गैसीय अवस्था में कणों की संख्या। इसके विपरीत जिन क्रियाओं में प्रणाली अधिक व्यवस्थित होती है (संघनन, बहुलकन, संपीडन कणों की संख्या में कमी), वहां एन्ट्रॉपी घट जाती है।

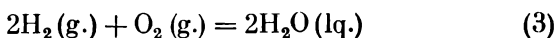
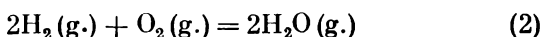
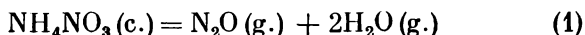
---

*हम पाठकों को याद दिलाना चाहेंगे कि स्थूल अवस्था पदार्थ के स्थूलदर्शी गुणों के निश्चित मानों द्वारा निर्दिष्ट होती है (ताप, दाब, आयतन, आदि)। सूक्ष्म अवस्था पदार्थ की वह अवस्था है जो प्रत्येक कण की निश्चित अवस्था द्वारा व्यक्त होती है। विभिन्न सूक्ष्म अवस्थाओं की बड़ी संख्या एक ही स्थूल अवस्था के तदनुरूप हो सकती है।

उदाहरण 5. निम्न अभिक्रियाओं में कलन किये बिना एन्ट्रॉपी के परिवर्तन का चिन्ह ज्ञात कीजिये :

$$NH_4NO_3\,(c.) = N_2O\,(g.) + 2H_2O\,(g.) \quad (1)$$

$$2H_2\,(g.) + O_2\,(g.) = 2H_2O\,(g.) \quad (2)$$

$$2H_2\,(g.) + O_2\,(g.) = 2H_2O\,(lq.) \quad (3)$$

हल. अभिक्रिया (1) में पदार्थ का एक मोल क्रिस्टलीय अवस्था में गैसों के तीन मोल बनाता है ; अत : $\Delta S_1 > O$। अभिक्रियाओं (2) और (3) में मोलों की कुल संख्या तथा गैसीय पदार्थ के मोलों की संख्या इस प्रकार घटती है कि $\Delta S_2 < O$ तथा $\Delta S_3 < O$। मात्रा ΔS_3 का मान ΔS_2 की तुलना में अधिक ऋणात्मक है क्योंकि $S[H_2O(lq)] < S[H_2O(g.)]$।

एन्ट्रॉपी पर भी ΔH का नियम लाग होता है : किसी रासायनिक अभिक्रिया (ΔS) के फलस्वरूप एक प्रणाली की एन्ट्रॉपी में परिवर्तन ΔS-उत्पादों की एन्ट्रॉपियों के योग के समान है जिसमें से – अभिकारकों की एन्ट्रॉपियों का योग निकाला जाता है। एन्थैल्पी के कलन की तरह यहां भी योगफल का कलन अभिक्रिया में भाग लेने वाले पदार्थों के मोलों की संख्या के आधार पर किया जाता है।

यह ध्यान रखना चाहिये कि संभवन एन्थैल्पी से सरल पदार्थ की एन्ट्रॉपी की भिन्नता यह है कि क्रिस्टलीय अवस्था में भी यह शून्य के बराबर नहीं होती है क्योंकि परम शून्य के अलावा अन्य तापमान पर क्रिस्टल की स्थूल अवस्था एकल सूक्ष्म अवस्था द्वारा नहीं बल्कि समान रूप से संभव सूक्ष्म अवस्थाओं की वड़ी संख्या में प्राप्त की जा सकती है।

गिब्ज की ऊर्जा रासायनिक प्रक्रिया की अवस्था का एक फलन है जो साथ ही प्रक्रिया की दिशा पर ऊपर वर्णित दोनों प्रवृत्तियों का प्रभाव प्रतिबिंबित करता है। गिब्ज की ऊर्जा एन्थैल्पी तथा एन्ट्रॉपी के प्रति निम्न अनुपात रखती है।

$$G = H - TS$$

यहां T – परम ताप है।

गिब्ज ऊर्जा का परिमाण एन्थैल्पी के समान होता है, अत: इसे प्राय: जूल या किलोजूल में व्यक्त किया जाता है।

समभारिक-समतापी क्रियाओं (अर्थात स्थिर दाब तथा ताप पर घट रही क्रियाओं) के लिये गिब्ज ऊर्जा में परिवर्तन निम्न प्रकार से व्यक्त किया जा सकता है:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

ΔH तथा ΔS की तरह रासायनिक अभिक्रिया के फलस्वरूप गिब्ज ऊर्जा में परिवर्तन ΔG (या संक्षेप में, अभिक्रिया की गिब्ज ऊर्जा)-उत्पादों के बनने की गिब्ज ऊर्जाओं का योग है जिससे अभिकारकों के बनने की गिब्ज ऊर्जाओं का योग निकाला जाता है; यहां भी योग करते समय दोनों बार अभिक्रिया में भाग लेने वाले मोलों की संख्या को ध्यान में रखा जाता है।

गिब्ज संभवन-ऊर्जा पदार्थ के एक मोल के साथ संबंधित होती है तथा प्राय: kJ/mol में व्यक्त की जाती है; किसी सरल पदार्थ के सर्वाधिक स्थायी रूपांतरण के बनने का ΔG° शून्य के बराबर माना जाता है।

स्थिर ताप तथा दाब की अवस्थाओं में अभिक्रियाएं स्वयं ही गिब्ज ऊर्जा के कम होने की दिशा में घटती हैं ($\Delta G < 0$)।

सारणी 3 में ΔH तथा ΔS के चिन्हों के विभिन्न संयोजनों वाली एक अभिक्रिया के स्वयं घटने की संभावना (या असंभावना) दिखायी गयी है।

उदाहरण के लिये, अगर किसी अभिक्रिया के लिये $\Delta H < 0$ (ऊष्माक्षेपी) तथा $\Delta S > 0$, तो अंतिम समीकरण से यह निष्कर्ष निकलता है कि सभी तापमानों पर $\Delta G < 0$। इससे स्पष्ट है कि अभिक्रिया किसी भी तापमान पर स्वयं घट सकती है। अगर $\Delta H < 0$ तथा $\Delta S < 0$ तो अभिक्रिया तब संभव हो सकती है जब ΔH का परम मान गिब्ज ऊर्जा के समीकरण में पद ΔH पद TΔS से अधिक है; चूंकि गुणज T की वृद्धि के साथ-साथ पद TΔS का परम मान बढ़ता जाता है, यह प्रक्रिया काफी निम्न तापमानों पर घटेगी, अन्य शब्दों में ऊष्माक्षेपी अभिक्रियाओं के स्वयं घटने की

सबसे अधिक संभावना निम्न तापमानों पर होती है, प्रणाली की एन्ट्रॉपी चाहे घट ही क्यों न रही हो।

सारणी 3 से हमें यह पता चलता है कि जिन अभिक्रियाओं में एन्ट्रॉपी की वृद्धि होती है, उनके घटने की सबसे अधिक संभावना उच्च तापमानों पर होती है; ऊष्माशोषी अभिक्रियाएं भी इस सूची में शामिल हैं।

सारणी 3

ΔH तथा ΔS के विभिन्न चिन्हों वाली अभिक्रियाओं की दिशाएं

फलन में परिवर्तन का चिन्ह			अभिक्रिया के स्वयं घटने की संभावना (असंभावना)	अभिक्रिया का उदाहरण
ΔH	ΔS	ΔG		
—	+	—	किसी भी तापमान पर संभव है	C_6H_6 (lq.) + 7.5 O_2 (g.) = = $6CO_2$ (g.) + $3H_2O$ (g.)
+	—	+	किसी भी तापमान पर असंभव है	N_2 (g.) + $2O_2$ (g.) = = $2NO_2$ (g.)
—	—	±	काफी निम्न तापमानों पर संभव है	$3H_2$ (g.) + N_2 (g.) = = $2NH_3$ (g.)
+	+	±	काफी उच्च तापमानों पर संभव है	N_2O_4 (g.) = $2NO_2$ (g.)

उदाहरण 6. किसी निश्चित तापमान T पर ऊष्माशोषी अभिक्रिया A⟶B वस्तुत: समाप्त हो रही है। ज्ञात करें: (a) अभिक्रिया के ΔS का चिन्ह; (b)T तापमान पर अभिक्रिया B⟶A के लिये ΔG का चिन्ह; (c) निम्न तापमानों पर अभिक्रिया B⟶A के घटने की संभावना।

हल. (a) अभिक्रिया A⟶B के स्वयं घटने का अर्थ है कि $\Delta G<0$। क्योंकि $\Delta H>0$, अत: समीकरण $\Delta G=\Delta H-T\Delta S$

से हमें यह पता चलता है कि $\Delta S>0$। प्रतिवर्ती अभिक्रिया $B \rightarrow A$ के लिये $\Delta S<0$।

(b) अभिक्रिया $A \rightarrow B$ के लिये $\Delta G<0$। अत: इसी तापमान पर प्रतिवर्ती अभिक्रिया के लिये $\Delta G>0$।

(c) अभिक्रिया $B \rightarrow A$ अभिक्रिया $A \rightarrow B$ की प्रतिवर्ती है। यह ऊष्माक्षेपी अभिक्रिया है ($\Delta H<0$)। पद $T\Delta S$ का परम मान निम्न तापमानों के लिये कम है, इसलिये ΔG का चिन्ह ΔH के चिन्ह द्वारा निश्चित किया जाता है। अत: काफी निम्न तापमानों पर अभिक्रिया $B \rightarrow A$ घट सकती है।

उदाहरण 7. $AB(c.) + B_2(g.) = AB_3(c.)$ अभिक्रिया के लिये $\Delta H, \Delta S, \Delta G$ के चिन्ह निश्चित करें।

अभिक्रिया तापमान 298K पर अग्रवर्ती दिशा में घटती है। तापमान में वृद्धि के साथ चिन्ह ΔG का मान कैसे बदलता रहेगा?

हल. चूंकि अभिक्रिया स्वयं घटती है, अत: $\Delta G<0$. अभिक्रिया के परिणामस्वरूप प्रणाली में कणों की कुल संख्या कम हो जाती है, इसके दौरान B_2 गैस का व्यय होता है और क्रिस्टलीय पदार्थ AB_3 का निर्माण होता है। इसका अर्थ है कि अभिक्रिया के समय प्रणाली की व्यवस्था उच्च स्तर पर पहुंच जाती है, जिसके लिये $\Delta S<0$. इस प्रकार समीकरण $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ में ΔG का मान ऋणात्मक है और समीकरण के दायें भाग का दूसरा पद ($-T\Delta S$) – धनात्मक है। यह तब संभव होता, जब $\Delta H<0$ होता। तापमान में वृद्धि के साथ पद $-T\Delta S$ का धनात्मक मान बढ़ जाता है, जिसके फलस्वरूप ΔG का मान कम ऋणात्मक हो जाता है।

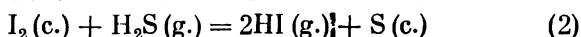
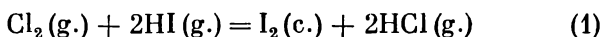
किसी अभिक्रिया के $\Delta H, \Delta S$ व ΔG के मान अभिकारकों की प्रकृति पर ही नहीं निर्भर करते हैं, बल्कि उनकी समुच्चयावस्था तथा सांद्रण पर भी निर्भर करते हैं। विभिन्न अभिक्रियाओं के तुलनीय आंकड़े प्राप्त करने के लिये एन्थैल्पी तथा गिब्ज ऊर्जा में मानक परिवर्तनों (ΔH°_T, ΔS°_T तथा ΔG°_T) की पारस्परिक तुलना की जाती है अर्थात वे परिवर्तन जो अभिक्रिया में भाग लेने वाले पदार्थों (अभिकारकों तथा उत्पादों) की मानक अवस्थाओं में घटते

हैं; यहां निचले सूचकांक परम तापमान दर्शाते हैं, जिस पर अभिक्रिया करायी जाती है।

परिशिष्ट की सारणी 5 में 298K (25°C) पर S°_{298} तथा कुछ पदार्थों के बनने के ΔH°_{298} व ΔG°_{298} के मान दिये गये हैं। इन आंकड़ों की सहायता से हम विभिन्न प्रकार के ऊष्मरासायनिक परिकलन संपन्न कर सकते हैं।

उदाहरण 8. क्या 298K पर निम्न अभिक्रियाएं अग्रवर्ती दिशा में स्वयं घटेंगी?

$$Cl_2 (g.) + 2HI (g.) = I_2 (c.) + 2HCl (g.) \quad (1)$$

$$I_2 (c.) + H_2S (g.) = 2HI (g.) + S (c.) \quad (2)$$

तापमान की वृद्धि इन अभिक्रियाओं की दिशा को किस प्रकार प्रभावित करेगी?

हल. प्रथम प्रश्न का उत्तर ज्ञात करने के लिये हमें दी गयी अभिक्रियाओं के लिये ΔG°_{298} के मान निश्चित करने चाहिये। परिशिष्ट की सारणी 5 से हमें निम्न मान प्राप्त होते हैं:

$$\Delta G^\circ_{form} (HI) = 1.8 \ kJ/mol, \quad \Delta G^\circ_{form} (HCl) = -95.2 kJ/mol,$$

$$G^\circ_{form} (H_2S) = -33.8 \ kJ/mol$$

अत: अभिक्रियाओं 1 व 2 के लिये हमें निम्न मान प्राप्त होते हैं:

$$\Delta G^\circ_1 = -95.2 \times 2 - 1.8 \times 2 = -194.0 \ kJ$$

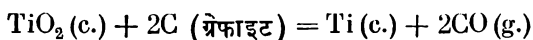
$$\Delta G^\circ_2 = 1.8 \times 2 - (-33.8) = 37.4 \ kJ$$

$\Delta G_1{}^\circ$ का ऋणात्मक चिन्ह अभिक्रिया (1) के स्वयं घटने का प्रतीक हैं; $\Delta G_2{}^\circ$ का धनात्मक चिन्ह वह बताता है कि अभिक्रिया (2) दी गयी अवस्थाओं में नहीं घट सकती।

दूसरे प्रश्न का उत्तर अभिक्रियाओं के लिये ΔS° के चिन्ह द्वारा ज्ञात किया जा सकता है। अभिक्रिया (1) में गैसीय अवस्था में पदार्थों के मोलों की संख्या घट जाती है तथा अभिक्रिया (2) में यह संख्या बढ़ जाती है, अत: $\Delta S_1{}^\circ < 0$ तथा $\Delta S^\circ{}_2 > 0$ अर्थात

समीकरण $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$ में पद $-T\Delta S^\circ$ अभिक्रिया (1) के लिये धनात्मक तथा अभिक्रिया (2) के लिये ऋणात्मक है। अत: जब गुणज T में वृद्धि होती है (तापमान में वृद्धि) ΔG_1° का मान बढ़ जाता है (अर्थात कम ऋणात्मक हो जाता है) तथा ΔG_2° का मान घट जाता है (अर्थात कम धनात्मक हो जाता है)। इसका मतलब यह हुआ कि तापमान की वृद्धि अग्रवर्ती दिशा में अभिक्रिया (1) के घटने में बाधक तथा अभिक्रिया (2) के घटने में सहायक सिद्ध होगी।

उदाहरण 9. निर्देश आंकड़ो का प्रयोग करके बताइये कि क्या अभिक्रिया

$$TiO_2\,(c.) + 2C\ (\text{ग्रेफाइट}) = Ti\,(c.) + 2CO\,(g.)$$

के फलस्वरूप 298 तथा 2500K तापमानों पर टाइटेनियम डाइआक्साइड का स्वतंत्र धातु में अपचयन संभव है? ΔH° व ΔS° की तपमान पर निर्भरता पर ध्यान नहीं देना है।

हल. परिशिष्ट की सारणी 5 से हमें यह पता चलता है कि 298K के लिये;

$$\Delta G^\circ_{form}\,(TiO_2) = -888.6\ \text{kJ/mol}$$
$$\Delta G^\circ_{form}\,(CO) = -137.1\ \text{kJ/mol}$$

अत: दी गयी अभिक्रिया के लिये:

$$\Delta G^\circ_{298} = 2\Delta G^\circ_{form}\,(CO) - \Delta G^\circ_{form}\,(TiO_2) =$$
$$= -137.1 \times 2 - (-888.6) = 614.4\ \text{kJ}$$

चूंकि $\Delta G^\circ_{298} > 0$, अत: 298K पर TiO_2 का अपचयन असंभव है।

ΔG°_{2500} का परिकलन करने के लिये हम समीकरण $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$ का प्रयोग करते हैं। उदाहरण में दिये गये आंकड़ों के अनुसार हम ΔH° तथा ΔS° के मान 298K के लिये ले लेते हैं। अभिक्रिया के ΔH° तथा ΔS° के मान ज्ञात

करने के लिये हमें सारणी 5 में अभिकारकों के लिये ΔH°form तथा S° के मान ज्ञात करते हैं। हम देखते हैं कि

$$\Delta H^{\circ}_{form}(TiO_2) = -943.9 \text{ kJ/mol},$$
$$\Delta H^{\circ}_{form}(CO) = -110.5 \text{ kJ/mol}$$

$S^{\circ}(TiO_2) = 50.3$ J/(mol·K), S°(c.) = 5.7 J/(mol·K), $S^{\circ}(Ti) = 30.6$ J/(mol·K) तथा $S^{\circ}(CO) = 197.5$ J/(mol·K)

अब इस अभिक्रिया के ΔH° का मान ज्ञात करते हैं:

$$\Delta H^{\circ} = 2\Delta H^{\circ}_{form}(CO) - \Delta H^{\circ}_{form}(TiO_2) =$$
$$= -110.5x - (-943.9) = 722.9 \text{ kJ/K}$$

इसी प्रकार हम अभिक्रिया के ΔS° का मान ज्ञात कर सकते हैं:

$$\Delta S^{\circ} = S^{\circ}(Ti) + 2S^{\circ}(CO) - S^{\circ}(TiO_2) - 2S^{\circ}(C) =$$
$$= 30.6 + 197.5 \times 2 - 50.3 - 5.7 \times 2 = 425.6 - 61.7 = 363.9 \text{ J/k}$$

अब हम ΔS° के kJ/K में व्यक्त करके अभिक्रिया के ΔG_{2500} का मान ज्ञात कर सकते हैं:

$$\Delta G^{\circ}_{2500} = \Delta H^{\circ}_{2500} - T\Delta S^{\circ}_{2500} = 722.9 - 2500 \cdot 363.9/1000 =$$
$$= 722.9 - 909.8 = -186.9 \text{ kJ}$$

इस प्रकार हम देखते हैं कि $\Delta G^{\circ}_{2500} < 0$, जिसका मतलब यह हुआ कि 2500K पर TiO_2 का ग्रेफाइट द्वारा अपचयन संभव है।

प्रश्न *

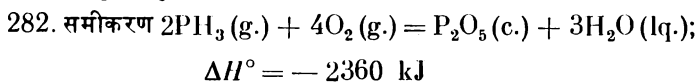
280. जब 2.1g फेरस सल्फर के साथ मिलता है तो 3.77 kJ ऊष्मा उत्सर्जित होती है। फेरस सल्फाइड के बनने की ऊष्मा का परिकलन करें।

---

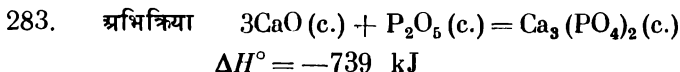
*इस खंड के प्रश्नों को हल करते समय आवश्यकता पड़ने पर परिशिष्ट की सारणी 5 इस्तेमाल की जा सकती है।

281. सामान्य परिस्थितियों में 8.4 लीटर स्फोटक गैस के विस्फोट से मुक्त हुई ऊष्मा की मात्रा ज्ञात करें।

282. समीकरण $2PH_3(g.) + 4O_2(g.) = P_2O_5(c.) + 3H_2O(lq.)$;

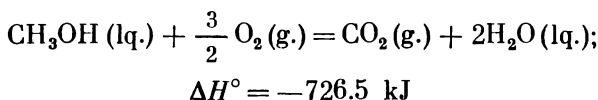
$$\Delta H^\circ = -2360 \text{ kJ}$$

की सहायता से PH_3 के बनने की मानक एन्थैल्पी (ΔH°_{298}) निश्चित करें।

283. अभिक्रिया $3CaO(c.) + P_2O_5(c.) = Ca_3(PO_4)_2(c.)$

$$\Delta H^\circ = -739 \text{ kJ}$$

के ऊष्मा प्रभाव के आधार पर कैल्सियम आर्थोफास्फेट के बनने का ΔH°_{298} निर्धारित करें।

284. अभिक्रिया के समीकरण

$$CH_3OH(lq.) + \frac{3}{2}O_2(g.) = CO_2(g.) + 2H_2O(lq.);$$

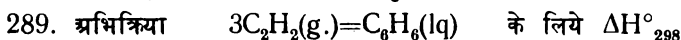
$$\Delta H^\circ = -726.5 \text{ kJ}$$

के आधार पर मिथाइल ऐल्कोहाल के बनने के ΔH°_{298} का परिकलन करें।

285. 12.7g कापर (II) आक्साइड को कोयले द्वारा अपचयित कराने से (CO की प्राप्ति) 8.24 kJ ऊष्मा अवशोषित होती है। CuO के बनने का ΔH°_{298} निर्धारित करें।

286. एथिलीन के पूर्ण दहन से (द्रव जल की प्राप्ति) 6226 kJ ऊष्मा उत्सर्जित होती है। सामान्य परिस्थितियों में अभिक्रिया में भाग लेने वाले आक्सीजन का आयतन ज्ञात करें।

287. भाप अंगार गैस हाइड्रोजन और कार्बन मोनोआक्साइड के समान आयतनों का मिश्रण है। सामान्य परिस्थितियों में 112 लीटर भाप अंगार गैस के दहन से कितनी ऊष्मा उत्सर्जित होगी?

288. समान परिस्थितियों में हाइड्रोजन तथा ऐसीटिलीन के समान आयतनों के दहन से $H_2O(g)$ प्राप्त हुआ। किस दशा में अधिक ऊष्मा उत्सर्जित होती है और कितने गुना अधिक?

289. अभिक्रिया $3C_2H_2(g.) = C_6H_6(lq)$ के लिये ΔH°_{298}

ज्ञात करें, अगर ऐसीटिलीन के दहन की अभिक्रिया के लिये CO_2(g.) तथा H_2O(lq) की प्राप्ति $\Delta H^\circ_{298} - 1300$ kJ/mol है तथा बेंजोल के बनने का ΔH°_{298} 82.9 kJ/mol है।

290. निम्न आंकड़ों की सहायता से एथिलीन के बनने का ΔH°_{298} ज्ञात करें :

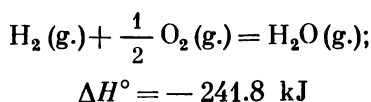
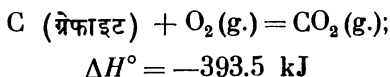
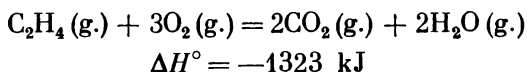
$$C_2H_4\,(g.) + 3O_2\,(g.) = 2CO_2\,(g.) + 2H_2O\,(g.)$$

$$\Delta H^\circ = -1323 \text{ kJ}$$

$$C \text{ (ग्रेफाइट) } + O_2\,(g.) = CO_2\,(g.);$$

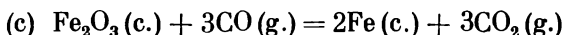
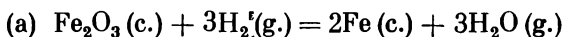
$$\Delta H^\circ = -393.5 \text{ kJ}$$

$$H_2\,(g.) + \frac{1}{2} O_2\,(g.) = H_2O\,(g.);$$

$$\Delta H^\circ = -241.8 \text{ kJ}$$

291. विभिन्न अपचायकों का प्रयोग करते हुए 298 K पर फेरस (III) आक्साइड के अपचयन की अभिक्रिया के लिये ΔH°_{298} की तुलना करें :

(a) $Fe_2O_3\,(c.) + 3H_2\,(g.) = 2Fe\,(c.) + 3H_2O\,(g.)$

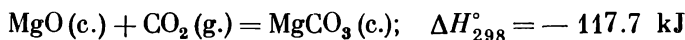
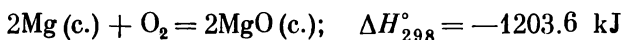
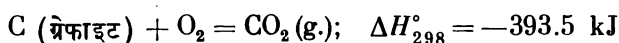
(b) $Fe_2O_3\,(c.) + 3C$ (ग्रेफाइट) $= 2Fe\,(c.) + 3CO\,(g.)$

(c) $Fe_2O_3\,(c.) + 3CO\,(g.) = 2Fe\,(c.) + 3CO_2\,(g.)$

292. उस मिथेन का द्रव्यमान ज्ञात करें जिसके पूर्ण दहन से (द्रव जल की प्राप्ति के साथ) जो ऊष्मा उत्सर्जित होती है, वह 100 g जल को 20° से 30° तक गर्म करने के लिये पर्याप्त रहती है। जल की मोलीय ऊष्माधारिता 75.37 J/(mol. k) मानी जा सकती है।

293. निम्न आंकड़ों की सहायता से 298 K पर $MgCO_3$(c.) के बनने के ΔH°_{298} का परिकलन करें :

$$C \text{ (ग्रेफाइट) } + O_2 = CO_2\,(g.); \quad \Delta H^\circ_{298} = -393.5 \text{ kJ}$$

$$2Mg\,(c.) + O_2 = 2MgO\,(c.); \quad \Delta H^\circ_{298} = -1203.6 \text{ kJ}$$

$$MgO\,(c.) + CO_2\,(g.) = MgCO_3\,(c.); \quad \Delta H^\circ_{298} = -117.7 \text{ kJ}$$

294. $H_2O(g.)$ के बनने के ΔH°_{298} तथा निम्न आंकड़ों की सहायता से अभिक्रिया

$$FeO\,(c.) + H_2\,(g.) = Fe\,(c.) + H_2O\,(g.)$$

के लिये ΔH°_{298} का परिकलन करें ;

$$FeO\,(c.) + CO\,(g.) = Fe\,(c.) + CO_2\,(g.); \quad \Delta H^\circ_{298} = -18.2 \text{ kJ}$$
$$2CO\,(g.) + O_2 = 2CO_2(g.); \quad \Delta H^\circ_{298} = -566.0 \text{ kJ}$$

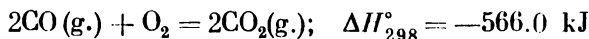
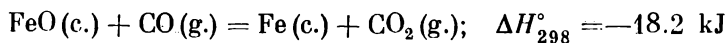
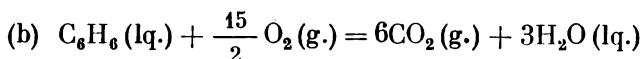
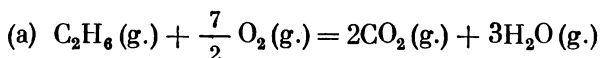
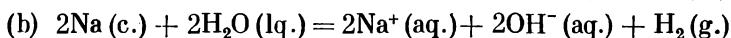
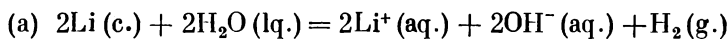
295. निम्न अभिक्रियाओं के लिये ΔH°_{298} ज्ञात करें :

(a) $C_2H_6\,(g.) + \frac{7}{2}\,O_2\,(g.) = 2CO_2\,(g.) + 3H_2O\,(g.)$

(b) $C_6H_6\,(lq.) + \frac{15}{2}\,O_2\,(g.) = 6CO_2\,(g.) + 3H_2O\,(lq.)$

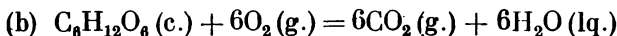
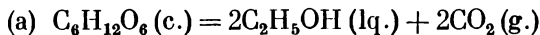
296. निम्न अभिक्रियाओं के लिये ΔH°_{298} का परिकलन करें :

(a) $2Li\,(c.) + 2H_2O\,(lq.) = 2Li^+\,(aq.) + 2OH^-\,(aq.) + H_2\,(g.)$

(b) $2Na\,(c.) + 2H_2O\,(lq.) = 2Na^+\,(aq.) + 2OH^-\,(aq.) + H_2\,(g.)$

Li^+ (aq), Na^+ (aq) तथा OH^- (aq) की मानक संभवन-एन्थैल्पियां क्रमश : – 278.5, —239.7 तथा – 228.9 kJ/mol ली जा सकती हैं।

297. जीव के अंदर घट रहे ग्लूकोस के रूपांतरण की अभिक्रियाओं के लिये ΔH°_{298} का मान ज्ञात करें :

(a) $C_6H_{12}O_6\,(c.) = 2C_2H_5OH\,(lq.) + 2CO_2\,(g.)$

(b) $C_6H_{12}O_6\,(c.) + 6O_2\,(g.) = 6CO_2\,(g.) + 6H_2O\,(lq.)$

कौनसी अभिक्रिया जीव को ज्यादा ऊर्जा प्रदान करती है ?

298. क्या किसी अभिक्रिया के लिये ΔH° का मान प्रणाली में उत्प्रेरकों की उपस्थिति पर निर्भर करता है ? अपने उत्तर के पक्ष में तर्क दीजिये।

299. जल में पदार्थों के विलयन की क्रियाएं केवल ऊष्माक्षेपी प्रभाव ($\Delta H<0$) के साथ ही नहीं बल्कि ऊष्माशोषी प्रभाव ($\Delta H>0$) के साथ भी क्यों स्वयं घटती हैं ?

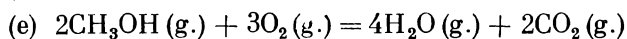
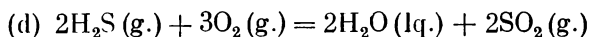
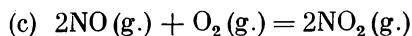
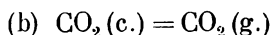
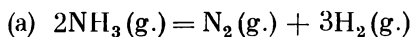
300. कलन किये बिना निम्न क्रियाओं के लिये ΔS° का चिन्ह ज्ञात करें :

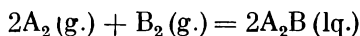
(a) $2NH_3(g.) = N_2(g.) + 3H_2(g.)$

(b) $CO_2(c.) = CO_2(g.)$

(c) $2NO(g.) + O_2(g.) = 2NO_2(g.)$

(d) $2H_2S(g.) + 3O_2(g.) = 2H_2O(lq.) + 2SO_2(g.)$

(e) $2CH_3OH(g.) + 3O_2(g.) = 4H_2O(g.) + 2CO_2(g.)$

301. निम्न अभिक्रिया के लिये एन्ट्रॉपी में परिवर्तन का चिन्ह निर्धारित करें :

$$2A_2(g.) + B_2(g.) = 2A_2B(lq.)$$

क्या यह अभिक्रिया मानक परिस्थितियों में घट सकती है ? अपने उत्तर का कारण स्पष्ट कीजिये।

302. निम्नलिखित क्रियाओं के लिये ΔH, ΔS और ΔG के चिन्ह निश्चित करें :
(a) निर्वात में आदर्श गैस का विस्तार ; (b) 100°C पर तथा जल वाष्प के आंशिक दाब 101.325kPa (760 mm Hg) पर जल का वाष्पण व (c) अतिशीतलित जल का क्रिस्टलीकरण।

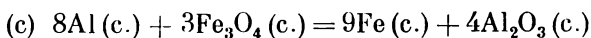
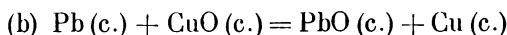
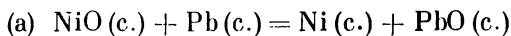
303. अग्रवर्ती दिशा में 298 K पर घट रही अभिक्रिया $AB(c.) + B_2(g.) = AB_3(c.)$ के लिये ΔH°, ΔS° तथा ΔG° के चिन्ह ज्ञात करें। तापमान में वृद्धि के साथ ΔG° का मान बढ़ेगा या घटेगा ?

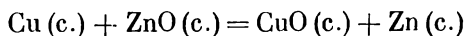
304. निम्न तापमानों पर किसी अभिक्रिया के स्वयं घटने की दिशा ΔH के चिन्ह द्वारा तथा उच्च तापमानों पर ΔS के चिन्ह द्वारा क्यों निर्धारित की जाती है ?

305. निम्न अभिक्रियाओं के लिये ΔG°_{298} के मान ज्ञात कीजिये तथा यह निर्धारित कीजिये कि मानक परिस्थितियों में 25°C पर ये अभिक्रियाएं किस दिशा में घट सकती हैं :

(a) $NiO (c.) + Pb (c.) = Ni (c.) + PbO (c.)$

(b) $Pb (c.) + CuO (c.) = PbO (c.) + Cu (c.)$

(c) $8Al (c.) + 3Fe_3O_4 (c.) = 9Fe (c.) + 4Al_2O_3 (c.)$

306. निर्देश आंकड़ों के प्रयोग द्वारा यह दिखाइये कि मानक परिस्थितियों में अभिक्रिया

$$Cu (c.) + ZnO (c.) = CuO (c.) + Zn (c.)$$

असंभव है।

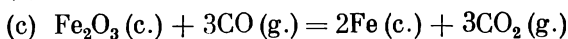
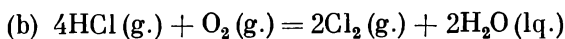
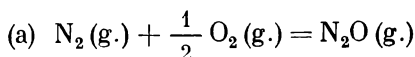
307. निम्न अभिक्रियाओं में से कौनसी अभिक्रिया मानक परिस्थितियों में 25°C पर संभव है:

(a) $N_2 (g.) + \frac{1}{2} O_2 (g.) = N_2O (g.)$

(b) $4HCl (g.) + O_2 (g.) = 2Cl_2 (g.) + 2H_2O (lq.)$

(c) $Fe_2O_3 (c.) + 3CO (g.) = 2Fe (c.) + 3CO_2 (g.)$

308. अभिक्रिया

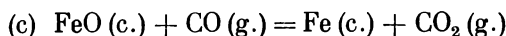
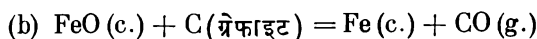
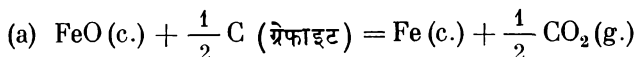
$$CaCO_3 (c.) = CaO (c.) + CO_2 (g.)$$

के लिये 25, 500 तथा 1500°C पर ΔG° परिकलित करें। ΔH° व ΔS° की ताप पर निर्भरता को कोई महत्व न दें।

ΔG° की ताप-निर्भरता का ग्राफ खींच कर वह तापमान ज्ञात करें जिसके ऊपर मानक परिस्थितियों में अभिक्रिया स्वयं घट सकती है।

309. फेरस (II) आक्साइड के अपचयन की निम्न अभिक्रियाओं के लिये ΔG°_{298} के मान ज्ञात करें:

(a) $FeO (c.) + \frac{1}{2} C$ (ग्रेफाइट) $= Fe (c.) + \frac{1}{2} CO_2 (g.)$

(b) $FeO (c.) + C$ (ग्रेफाइट) $= Fe (c.) + CO (g.)$

(c) $FeO (c.) + CO (g.) = Fe (c.) + CO_2 (g.)$

किस अभिक्रिया के घटने की संभवना सबसे ज्यादा है?

310. 298 K पर निम्न में से कौनसे आक्साइड एलुमिनियम द्वारा अपचयित किये जा सकते हैं: CaO, FeO, CuO, PbO, Fe_2O_3, Cr_2O_3?

311. 298 K पर निम्न में मे कौनमे ग्राक्साइड हाइड्रोजन द्वारा मुक्त धातु में ग्रपचयित किये जा सकते हैं: CaO, ZnO, SnO_2, NiO, Al_2O_3?

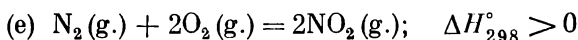
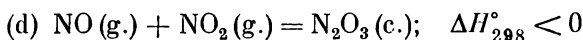
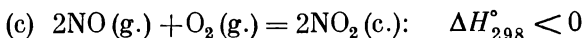
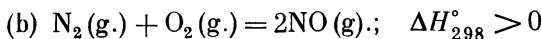
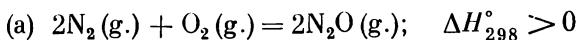
312. मानक परिस्थितियों में किन ग्रभिक्रियाग्रों से नाइट्रोजन ग्राक्साइड स्वयं बन सकते हैं तथा किस ताप पर (उच्च या निम्न):

(a) $2N_2 (g.) + O_2 (g.) = 2N_2O (g.); \quad \Delta H^\circ_{298} > 0$

(b) $N_2 (g.) + O_2 (g.) = 2NO (g).; \quad \Delta H^\circ_{298} > 0$

(c) $2NO (g.) + O_2 (g.) = 2NO_2 (c.): \quad \Delta H^\circ_{298} < 0$

(d) $NO (g.) + NO_2 (g.) = N_2O_3 (c.); \quad \Delta H^\circ_{298} < 0$

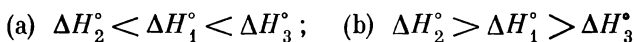
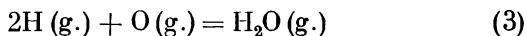
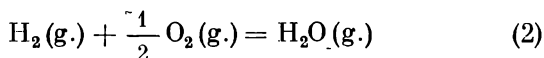
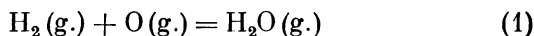
(e) $N_2 (g.) + 2O_2 (g.) = 2NO_2 (g.); \quad \Delta H^\circ_{298} > 0$

ग्रपना ज्ञान परखिये

313. निम्न ग्रभिक्रियाग्रों के लिये एथैल्पी के मानक परिवर्तनों के बीच सही संबंध दिखाइये:

$$H_2 (g.) + O (g.) = H_2O (g.) \qquad (1)$$

$$H_2 (g.) + \frac{1}{2} O_2 (g.) = H_2O (g.) \qquad (2)$$

$$2H (g.) + O (g.) = H_2O (g.) \qquad (3)$$

(a) $\Delta H^\circ_2 < \Delta H^\circ_1 < \Delta H^\circ_3$; (b) $\Delta H^\circ_2 > \Delta H^\circ_1 > \Delta H^\circ_3$

314. निम्न में से कौनसा विवरण सही है: (a) ऊष्माशोषी ग्रभिक्रियाएं स्वयं नहीं घट सकती। (b) ऊष्माशोषी ग्रभिक्रियाएं काफी निम्न तापमानों पर घट सकती हैं। (c) ग्रगर ग्रभिक्रिया की एन्ट्रॉपी में परिवर्तन धनात्मक है, तो ऊष्माशोषी ग्रभिक्रियाएं काफी उच्च तापमानों पर घट सकती हैं।

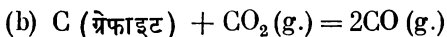
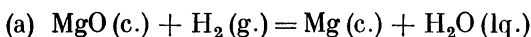
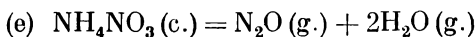
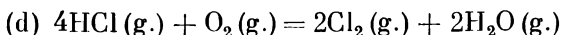
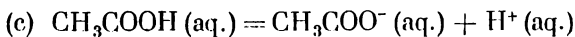
315. कलन किये बिना बताइये कि नीचे दी गयी क्रियाग्रों में से किस क्रिया में एन्ट्रॉपी का परिवर्तन धनात्मक है:

(a) $MgO (c.) + H_2 (g.) = Mg (c.) + H_2O (lq.)$

(b) C (ग्रेफाइट) $+ CO_2 (g.) = 2CO (g.)$

(c) $CH_3COOH\,(aq.) = CH_3COO^-\,(aq.) + H^+\,(aq.)$

(d) $4HCl\,(g.) + O_2\,(g.) = 2Cl_2\,(g.) + 2H_2O\,(g.)$

(e) $NH_4NO_3\,(c.) = N_2O\,(g.) + 2H_2O\,(g.)$

316. नीचे दिये गये उदाहरणों में से अभिक्रिया सब तापमानों पर कब संभव है?

(a) $\Delta H^\circ < 0,\ \ \Delta S^\circ > 0$; (b) $\Delta H^\circ < 0,\ \Delta S^\circ < 0$,
(c) $\Delta H^\circ > 0,\ \Delta S^\circ > 0$

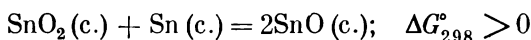
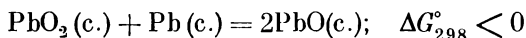
317. नीचे दिये गये उदाहरणों में से कौनसी अभिक्रिया सब तापमानों पर कब असंभव है?

(a) $\Delta H^\circ > 0,\ \ \Delta S^\circ > 0$; (b) $\Delta H^\circ > 0,\ \Delta S^\circ < 0$;
(c) $\Delta H^\circ < 0,\ \ \Delta S^\circ < 0$

318. अगर $\Delta H < 0$ तथा $\Delta S < 0$ है, तो निम्न में से अभिक्रिया कब स्वयं घट सकती है?

(a) $|\Delta H| > |T\Delta S|$; (b) $|\Delta H| < |T\Delta S|$

319. निम्न अभिक्रियाओं के ΔG°_{298} चिन्ह के द्वारा यह निश्चित करें कि लेड और टिन के लिये आक्सीकरण के कौनसे स्तर अधिक अभिलक्षित हैं:

$$PbO_2\,(c.) + Pb\,(c.) = 2PbO(c.);\quad \Delta G^\circ_{298} < 0$$
$$SnO_2\,(c.) + Sn\,(c.) = 2SnO\,(c.);\quad \Delta G^\circ_{298} > 0$$

(a) लेड के लिये +2, टिन के लिये +2 ;
(b) लेड के लिये +2, टिन के लिये +4;
(c) लेड के लिये +4, टिन के लिये +2;
(d) लेड के लिये +4, टिन के लिये +4.

320. 263K पर बर्फ के पिघलने की क्रिया के लिये ΔG का चिन्ह क्या है?

(a) $\Delta G > 0$; (b) $\Delta G = 0$; (c) $\Delta G < 0$

321. यह जानते हुए कि NO_2(g.) रंगदार तथा N_2O_4 रंगहीन होता है तथा अभिक्रिया $2NO_2(g.) = N_2O_4(g.)$ की एन्ट्रॉपी में परिवर्तन के चिन्ह के आधार पर बताइये कि तापमान बढ़ाने से प्रणाली $NO_2—N_2O_4$ में रंग में क्या परिवर्तन आयेंगे? (a) गाढ़ा हो जायेगा (b) फीका पड़ जायेगा।

2. रासायनिक अभिक्रिया की चाल. रासायनिक संतुलन

रासायनिक अभिक्रिया की चाल पदार्थ की इस मात्रा से मापी जाती है जो समय की इकाई में प्रणाली के इकाई आयतन में अभिक्रिया के दौरान भाग लेती है या अभिक्रिया के फलस्वरूप बनती है (सजातीय अभिक्रिया के लिये) या जो प्रावस्था अंतरापृष्ठ की इकाई सतह के क्षेत्रफल पर समय की इकाई में अभिक्रिया में बनती है या अभिक्रिया के फलस्वरूप बनती है (विजातीय अभिक्रिया के लिये*।

स्थिर आयतन पर घट रही सजातीय क्रिया की चाल अभिकारकों की सान्द्रता में समय की इकाई में परिवर्त्तनों द्वारा मापी जाती है।

यह परिभाषा निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त की जा सकती है:

$$v = \frac{\pm \Delta C}{\Delta t}$$

इस समीकरण में चिन्ह + अभिक्रिया ($\Delta C > 0$) में पदार्थ की सान्द्रता का परिवर्त्तन व्यक्त करता है और चिन्ह – अभिक्रिया ($\Delta C < 0$) में भाग लेने वाले पदार्थ में सान्द्रता के परिवर्त्तन का प्रतीक है।

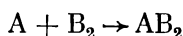
अभिक्रिया की चाल निम्न बातों पर निर्भर करती है: अभिकारकों की प्रकृति, उनकी सान्द्रता, ताप तथा प्रणाली में उत्प्रेरकों की उपस्थिति। जब किसी अभिक्रिया को घटाने के लिये दो क्रियाशील

---

*प्रावस्था अंतरापृष्ठ का क्षेत्रफल ज्ञात करना अक्सर काफी मुश्किल काम होता है जिसकी वजह से विजातीय अभिक्रिया की चाल प्राय: ठोस अंतरापृष्ठ के इकाई द्रव्यमान या इकाई आयतन से संबंधित जाती है।

कणों (अणुओं , परमाणुओं) को टकराने की आवश्यकता होती है, तो सान्द्रता पर अभिक्रिया की चाल की निर्भरता द्रव्यमानों की अनुपाती क्रिया के नियम द्वारा ज्ञात की जाती है: स्थिर ताप पर रासायनिक अभिक्रिया की चाल अभिकारकों की सान्द्रताओं के अनुक्रमानुपाती होती है।

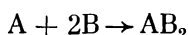
उदाहरण के लिये, निम्न किस्म की अभिक्रिया के लिये

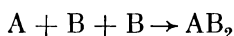
$$A + B_2 \rightarrow AB_2$$

द्रव्यमानों की अनुपाती क्रिया का नियम निम्न प्रकार से व्यक्त किया जाता है:

$$v = k[A][B_2]$$

यहां $[A]$ तथा $[B_2]$ अभिकारकों की सान्द्रताएं हैं तथा k अनुपातिकता स्थिरांक अभिक्रिया की चाल का स्थिरांक है, जिसका मान अभिकारकों की प्रकृति पर निर्भर करता है।

तीन अभिकारी कणों की टक्कर के परिणामस्वरूप अभिक्रिया प्राय: काफी कम घटती है। उदाहरणतया, निम्न प्रकार की अभिक्रिया

$$A + 2B \rightarrow AB_2$$

तीन प्रकार की टक्कर के परिणामस्वरूप घट सकती है:

$$A + B + B \rightarrow AB_2$$

इस परिस्थिति में द्रव्यमानों की अनुपाती क्रिया के नियमानुसार हम निम्न समीकरण लिख सकते हैं:

$$v = k[A][B][B]$$

अर्थात

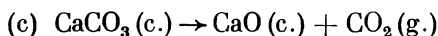
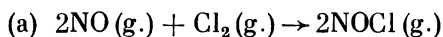
$$v = k[A][B]^2$$

तीन से अधिक कणों की एक ही समय में टक्कर की संभावना लगभग असंभव है। अत: जिन अभिक्रियाओं के समीकरणों में काफी अधिक संख्या में कण होते हैं (उदाहरण के लिये, $4HCl + O_2 \rightarrow 2Cl_2 + 2H_2O$) कई चरणों में घटती हैं, जिनमें से प्रत्येक चरण दो (काफी कम अक्सरों पर तीन) कणों की टक्कर के

परिणामस्वरूप घटता है। इन स्थितियों में द्रव्यमानों की अनुपाती क्रिया का नियम पूर्ण अभिक्रिया पर लागू न होकर क्रिया के प्रत्येक चरण पर लागू होता है।

विभाजीय अभिक्रियाओं में ठोस प्रावस्था में स्थित पदार्थों की सान्द्रताएं अभिक्रिया के दौरान परिवर्तित नहीं होतीं, जिसके कारण उन्हें द्रव्यमानों की अनुपाती क्रिया के नियम के समीकरण में सम्मिलित नहीं किया जाता है।

उदाहरण 1. निम्न अभिक्रियाओं के लिये द्रव्यमानों की अनुपाती क्रिया के नियम की अभिव्यंजता करें.

$$\text{(a)}\ \ 2NO\,(g.) + Cl_2\,(g.) \rightarrow 2NOCl\,(g.)$$
$$\text{(c)}\ \ CaCO_3\,(c.) \rightarrow CaO\,(c.) + CO_2\,(g.)$$

हल. (a) $v = k\,[NO]^2\,[Cl_2]$

(b) कैल्सियम कार्बोनेट एक ठोस पदार्थ है जिसकी सान्द्रता अभिक्रिया के दौरान परिवर्तित नहीं होती है, अत: आवश्यक अभिव्यक्ति $v = k$ होगी अर्थात इस स्थिति में निश्चित ताप पर अभिक्रिया की चाल स्थिर है।

उदाहरण 2. अभिक्रिया $2NO\,(g.) + O_2\,(g.) = 2NO_2\,(g.)$ की चाल किस प्रकार परिवर्तित होगी अगर अभिकारी पात्र का आयतन आरंभिक आयतन के मान से तीन गुना घटा दिया जाये?

हल. आयतन में परिवर्तन लाने से पहले अभिक्रिया की चाल निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त की जाती है:

$$v = k\,[NO]^2\,[O_2]$$

आयतन में घटाव के कारण प्रत्येक अभिकारक की सान्द्रता तीन गुना बढ़ जाती है।

अत:

$$v' = k\,(3\,[NO])^2\,(3\,[O_2]) = 27k\,[NO]^2\,[O_2]$$

v व v^1 के मानों की तुलना से हम देखते हैं कि अभिक्रिया की चाल 27 गुना बढ़ जायेगी।

ताप पर किसी अभिक्रिया की चाल की निर्भरता (या अभिक्रिया की चाल का स्थिरांक) निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त किया जा सकती है :

$$\frac{v_{t+10}}{v_t} = \frac{k_{t+10}}{k_t} = \gamma^{\Delta t/10}$$

यहां v_t तथा k_t $t°C$ पर अभिक्रिया की चाल तथा चाल का स्थिरांक हैं, v_{t+10} व k_{t+10} वही मान हैं, मगर $t+10°C$ के ताप पर अभिक्रिया की चाल का तापीय गुणांक है, तथा अधिकांश अभिक्रियाओं के लिये इसका मान दो से चार के बीच रहता है (वान्ट हॉफ नियम)। साधारण स्थिति में, अगर तापमान में परिवर्तन $\Delta t°C$ है, तो अंतिम समीकरण निम्न रूप ले लेता है :

$$\frac{v_{t+\Delta t}}{v_t} = \frac{k_{t+\Delta t}}{k_t} = \gamma^{\Delta t/10}$$

उदाहरण 3. अभिक्रिया की चाल का तापीय गुणांक 2.8 है। अगर ताप 20° से बढ़ाकर 75°C कर दिया जाये, तो अभिक्रिया की चाल कितने गुना तेज हो जायेगी?

हल. यहां $\Delta t = 55°C$

20° तथा 75°C पर अभिक्रिया की चालों को v तथा v^1 मान कर हम निम्न समीकरण लिख सकते हैं :

$$\frac{v'}{v} = 2.8^{55/10} = 2.8^{5.5}$$

$$\log \frac{v'}{v} = 5.5 \log 2.8 = 5.5 \times 0.447 = 2.458$$

$$\text{अत : } \frac{v'}{v} = 287$$

अभिक्रिया की चाल 287 गुना तेज हो जायेगी।

अंतिम उदाहरण यह बताता है कि तापमान में वृद्धि होने के साथ-साथ अभिक्रिया की चाल बहुत तेज हो जाती है। यह बात इस

तथ्य के साथ संबंधित है कि अभिक्रियाशील अणुओं की सभी टक्करों के फलस्वरूप रासायनिक अभिक्रिया नहीं घटती है: केवल वे अणु अभिक्रिया करते हैं (सक्रिय अणु) जिनकी ऊर्जा आरंभिक कणों के अनुबंधों को तोड़ने या क्षीण करने के लिये पर्याप्त होती है, जिससे नये अणुओं के निर्माण की संभावना पैदा हो जाती है। अत: प्रत्येक अभिक्रिया का एक निश्चित ऊर्जा-अवरोध होता है जिसे पार करने के लिये अतिरिक्त ऊर्जा (सक्रियण ऊर्जा) की आवश्यकता पड़ती है (दिये गये ताप पर अणुओं की औसत ऊर्जा की तुलना में)। यह अणुओं की ऐसी ऊर्जा है जिसकी बदौलत उनके टकराव के परिणामस्वरूप नये पदार्थ का निर्माण संभव होता है। ताप की वृद्धि से सक्रिय अणुओं की संख्या में बड़ी तेजी से वृद्धि होती है जिसके कारण अभिक्रिया की चाल भी बहुत तेज हो जाती है।

अभिक्रिया के चाल स्थिरांक k की सक्रियण ऊर्जा (E_a, J/mol) पर निर्भरता आर्रेनिअस समीकरण द्वारा व्यक्त की जा सकती है

$$K = ZPe^{-Ea/RT}$$

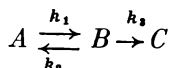
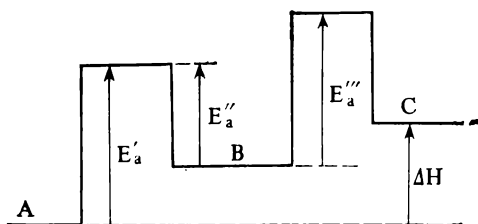
यहां z इकाई आयतन में प्रति सेकंड में अणुओं की टक्करों की संख्या है; e प्राकृतिक लघुगुणक का आधार ($e = 2.718...$), R मोलीय गैस स्थिरांक ($R=8.314$ J. mol^{-1}. K^{-1}), T — तापमान, तथा P- स्टिरिक गुणक हैं।

आर्रेनिअस समीकरण में गुणक P लाने का कारण यह है कि दो सक्रिय अणुओं की टक्कर के फलस्वरूप अभिक्रिया हमेशा नहीं घटती है, यह केवल उस अवस्था में घटती है जब अणुओं के निश्चित अभिविन्यास होते हैं। गुणक P अभिक्रिया में सहायक अणुओं के पारस्परिक अभिविन्यास के तरीकों की संख्या के समानुपाती होता है; यह अनुपात जितना ज्यादा होता है, अभिक्रिया उतनी ही ज्यादा तेजी से घटती है। स्टिरिक गुणक P प्राय: इकाई से काफी कम होता है; यह उन अभिक्रियाओं की चाल को विशेष रूप से अधिक प्रभावित करता है जिनमें जटिल अणु (उदाहरण के लिये-प्रोटीन) भाग ले रहे होते हैं, अर्थात जब विभिन्न संभव अभिविन्यासों की

संख्या बहुत बड़ी होती है तथा अभिक्रिया में सहायक अभिविन्यासों की संख्या बहुत सीमित होती है।

आर्रेनियस समीकरण से स्पष्ट है कि सक्रियण ऊर्जा जितनी कम होती है, अभिक्रिया की चाल का स्थिरांक उतना उच्च होता है।

उदाहरण 4. विन्यास

$$A \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftarrows}} B \overset{k_3}{\rightarrow} C$$

के अनुसार पदार्थ A पदार्थ C में परिवर्त्तित हो जाता है। अभिक्रिया के दूसरे चरण में ऊर्जा निम्न प्रकार से अवशोषित होती है; $k_1 < k_2$ तथा $k_2 > k_3$। अभिक्रिया का ऊर्जा आरेख बनाइये तथा पूर्ण अभिक्रिया के ΔH का चिन्ह निर्धारित कीजिये।

चित्र 4. अभिक्रिया $A \rightleftarrows B \rightarrow C$ का ऊर्जा आरेख।

हल. हम पहले ऊर्जा के रेखा-चित्र के उस भाग पर ध्यान देते हैं जहां अभिक्रिया के प्रथम चरण पर अभिकारक A का माध्यमिक उत्पाद B में परिवर्त्तन दिखाया गया है (आरेख 4 में खंड AB)। चूंकि प्रतिवर्ती अभिक्रिया ($B \rightarrow A$) का चाल स्थिरांक k_2 अग्रवर्ती अभिक्रिया के चाल स्थिरांक k_1 से बड़ा है, अत: प्रतिवर्ती अभिक्रिया की सक्रियण ऊर्जा अग्रवर्ती अभिक्रिया की सक्रियण ऊर्जा से कम होनी चाहिये ($E_a'' < E'_a$)। इसका मतलब यह हुआ कि पदार्थ A के पदार्थ B में रूपांतरित होने में प्रणाली की ऊर्जा बढ़ती है (आरेख 4 देखिये)।

जहां तक अभिक्रिया के दूसरे चरण–पदार्थ B का उत्पाद C में परिवर्त्तन (आरेख 4 में खंड BC का प्रश्न है), इन्हीं कारणों से ($k_2 > k_3$) क्रिया $B \rightarrow C$ के लिये ऊर्जा अवरोध

क्रिया B→A ($Ea''' > Ea''$) के ऊर्जा अवरोध से अधिक होना चाहिये। अत: खंड BC पर महत्तम खंड BA की तुलना में अधिक होना चाहिये।

अंत में, उदाहरण के आंकड़ों के अनुसार अभिक्रिया का दूसरा चरण ऊष्माशोषी है, अत: माध्यमिक अवस्था (पदार्थ B) के मुकाबले प्रणाली की अंतिम अवस्था (पदार्थ C) का ऊर्जा स्तर अधिक उच्च होना चाहिये और यही बात रेखाचित्र में दिखाई गयी है। हम देखते हैं कि पूर्ण अभिक्रिया में ऊष्मा अवशोषित होती है अर्थात $\Delta H > 0$

अभिक्रिया की चाल उत्प्रेरक की उपस्थिति में तेज हो जाती है। उत्प्रेरक के इस प्रभाव का कारण यह होता है कि इसकी उपस्थिति अस्थायी माध्यमिक यौगिक (सक्रियित संकुल) उत्पन्न करती है जिनके क्षय से उत्पादों का निर्माण होता है। इस समय अभिक्रिया की सक्रियण ऊर्जा घट जाती है तथा कुछ अणु अधिक सक्रिय हो जाते हैं जिनकी ऊर्जा उत्प्रेरक की अनुपस्थिति में अभिक्रिया घटने के लिये अपर्याप्त होती है। इसके परिणामस्वरूप सक्रिय अणुओं की कुल संख्या बढ़ जाती है और अभिक्रिया की चाल तेज हो जाती है।

आर्रेनिअस समीकरण से, जिसमें E_a एक घातांक है, यह पता चलता है कि सक्रियण ऊर्जा में जरा सी भी कमी से अभिक्रिया की चाल में काफी वृद्धि आ जाती है। उदाहणतया, जैव उत्प्रेरक – फर्मेंट – सप्राण जीवों के अंदर घट रही रासायनिक अभिक्रियाओं की सक्रियण ऊर्जा बड़ी तेजी से घटा देते हैं तथा अपेक्षाकृत निम्न तापमानों पर ये अभिक्रियाएं काफी तेजी से घटती हैं।

उदाहरण 5. उत्प्रेरक की अनुपस्थिति में किसी अभिक्रिया की सक्रियण ऊर्जा 75.24kJ/mol है तथा उत्प्रेरक की उपस्थिति में -50.14kJ/mol है। अगर अभिक्रिया 25°C पर घटायी जाये, तो उत्प्रेरक की उपस्थिति में अभिक्रिया की चाल कितने गुना तेज हो जायेगी ?

हल. उत्प्रेरक के बिना अभिक्रिया की सक्रियण ऊर्जा E_a, उत्प्रेरक के साथ E'_a तथा k व k′ अभिक्रिया के चाल स्थिरांक मान लेते हैं। आर्रेनिअस समीकरण के प्रयोग से हमें निम्न समीकरण

प्राप्त होता है :

$$\frac{k'}{k} = \frac{e^{-E'_a/RT}}{e^{-E_a/RT}} = e^{(Ea-E'_a)/RT}$$

अतः
$$\ln\frac{k'}{k} = 2.30\log\frac{k'}{k} = \frac{E_a - E'_a}{RT}$$

तथा
$$\log\frac{k'}{k} = \frac{E_a - E'_a}{2.30RT}$$

उदाहरण के आंकड़े अंतिम समीकरण में भरने, सक्रियण ऊर्जा को जूल में व्यक्त करने और T = 298K लेने से हमें निम्न परिणाम प्राप्त होता है :

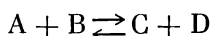
$$\log\frac{k'}{k} = \frac{(75.24-50.14)\times10^3}{2.30\times8.314\times298} = \frac{25.1\times10^3}{2.30\times8.314\times298} = 4.40$$

अंत में हम देखते हैं कि $\frac{k'}{k} = 2.5\times10^4$

अत : सक्रियण ऊर्जा में 25.1kJ की कमी से अभिक्रिया की चाल 25000 गुना तेज हो जाती है।

जब कोई रासायनिक अभिक्रिया घट रही होती है, तो अभिकारकों की सान्द्रताएं कम होती जाती हैं। द्रव्यमानों की अनुपाती क्रिया के नियमानुसार इसके परिणामस्वरूप अभिक्रिया की चाल मंद हो जाती है। अगर अभिक्रिया दोनों दिशाओं में घट सकती है अर्थात अग्रवर्ती तथा प्रतिवर्ती दिशाओं में, तो समय के साथ-साथ प्रतिवर्ती अभिक्रिया की चाल भी बढ़ती जायेगी क्योंकि उत्पादों की सान्द्रताएं बढ़ जायेंगी। जब अग्रवर्ती तथा प्रतिवर्ती अभिक्रिया की चालें समान होती हैं तब रासायनिक संतुलन की अवस्था प्राप्त हो जाती है और अभिकारकों तथा उत्पादों की सान्द्रताओं में कोई और परिवर्तन नहीं घटता।

प्रतिवर्ती रासायनिक अभिक्रिया के लिये

$$A + B \rightleftarrows C + D$$

अभिकारकों तथा उत्पादों की सान्द्रताओं पर अग्रवर्ती ($v\rightarrow$) तथा प्रतिवर्ती ($v\leftarrow$) अभिक्रियाओं की चालों की निर्भरता निम्न प्रकार से व्यक्त की जा सकती है :

$$v_{\rightarrow} = k_{\rightarrow}[A][B] \quad \text{तथा} \quad v_{\leftarrow} = k_{\leftarrow}[C][D]$$

रासायनिक संतुलन की अवस्था में,

$$v_{\rightarrow} = {}_{\leftarrow}v$$

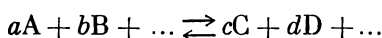
$$k_{\rightarrow}[A][B] = k_{\leftarrow}[C][D]$$

$$\text{अत :} \quad \frac{k_{\rightarrow}}{k_{\leftarrow}} = \frac{[C][D]}{[A][B]} = K$$

जहां K अभिक्रिया का संतुलन स्थिरांक है।

संतुलन स्थिरांक के लिये सान्द्रताएं संतुलन सान्द्रताएं कहलाती हैं। संतुलन स्थिरांक निश्चित ताप पर एक स्थिर मान है जो उत्पादों (अंश) तथा अभिकारकों (हर) की संतुलन सान्द्रताओं के बीच अनुपात दिखाता है। संतुलन स्थिरांक जितना ज्यादा बड़ा होता है, अभिक्रिया उतनी ही ज्यादा अच्छी तरह से घटती है अर्थात उत्पाद उतने ही ज्यादा प्राप्त होते हैं।

रासायनिक ऊष्मागतिकी में यह सिद्ध किया गया है कि सामान्य अवस्था में रासायनिक अभिक्रिया के लिये

$$aA + bB + \ldots \rightleftarrows cC + dD + \ldots$$

अभिक्रिया के संतुलन स्थिरांक को भी इसी तरह से व्यक्त किया जा सकता है :

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

द्रव्यमानों की अनुपाती क्रिया के नियम की तरह विजातीय अभिक्रियाओं के संतुलन स्थिरांक को व्यक्त करने के लिये केवल उन्हीं पदार्थों की सान्द्रताएं ली जाती हैं जो गैसीय या द्रव अवस्था में होते हैं, क्योंकि ठोस पदार्थों की सान्द्रताएं आम तौर पर स्थिर रहती हैं।

उत्प्रेरक संतुलन स्थिरांक के मान पर कोई प्रभाव नहीं डालता क्योंकि यह अग्रवर्ती तथा प्रतिवर्ती अभिक्रियाओं की सक्रियण ऊर्जा को समान मात्रा में घटा देता है जिसके फलस्वरूप यह अग्रवर्ती तथा प्रतिवर्ती अभिक्रियाओं की चालें भी समान रूप से परिवर्तित कर देता है। उत्प्रेरक केवल संतुलन के आने को तेज कर सकता है, परतु उत्पादों की मात्रा पर कोई प्रभाव नहीं डालता है।

उदाहरण 6. प्रणाली $A(g.)+2B(g.)=C(g.)$ में संतुलन स्थिरांक निम्न हैं : $[A]=0.06 mol/l$, $[B]=0.12 mol/l$ तथा $[C]=0.216 mol/l$। अभिक्रिया का संतुलन स्थिरांक ज्ञात करें तथा

पदार्थों A व B की आरंभिक सान्द्रताएं निश्चित करें।

हल. दी गयी अभिक्रिया का संतुलन स्थिरांक निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त कर सकते हैं :

$$K = \frac{[C]}{[A]\,[B]^2}$$

उदाहरण के आंकड़ों को इस समीकरण में भरने से हमें निम्न परिणाम प्राप्त होता है :

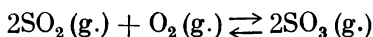
$$K = \frac{0.216}{0.06 \times (0.12)^2} = 250$$

पदार्थों A व B की आरंभिक सान्द्रताएं ज्ञात करने के लिये हम अभिक्रिया के समीकरण की सहायता से इस बात का लाभ उठायेंगे कि A का एक मोल तथा B के दो मोल C का एक मोल बनाते हैं। उदाहरण के आंकड़ों के अनुसार पदार्थ C के 0.216 मोल प्रणाली के प्रत्येक लीटर में बने तथा A के 0.216 मोल और B के $0.216 \times 2 = 0.432$ मोल खर्च हो गये। अत : आरंभिक सान्द्रताएं निम्न हुईं :

$$[A_0] = 0.06 + 0.216 = 0.276 \text{ mol/l}$$
$$[B_0] = 0.12 + 0.432 = 0.552 \text{ mol/l}$$

उदाहरण 7. एक बंद पात्र में SO_2 के आठ मोल तथा O_2 के चार मोल मिलाये गये। अभिक्रिया एक स्थिर ताप पर घटती है। संतुलन की अवस्था आने पर SO_2 की आरंभिक मात्रा का 80% भाग अभिक्रिया में भाग लेता है। अगर आरंभिक दाब 300kPa था, तो संतुलन में गैस मिश्रण का दाब ज्ञात करें।

हल. दी गयी अभिक्रिया का समीकरण निम्न है :

$$2SO_2\,(g.) + O_2\,(g.) \rightleftarrows 2SO_3\,(g.)$$

उदाहरण के आंकड़ों के अनुसार SO_2 के 80% अर्थात 6.4 मोल अभिक्रिया में व्यय हो गये और 1.6 मोल बाकी बच गये। अभिक्रिया के समीकरण के अनुसार SO_2 के हर दो मोलों के साथ O_2 का एक मोल खर्च होता है। और SO_3 के दो मोल प्राप्त होते हैं, अर्थात O_2 के 3.2 मोलों की SO_2 के 6.4 मोलों के साथ

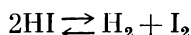
अभिक्रिया मे SO_3 के 6.4 मोल बने ; अत : आक्सीजन (O_2) के $4 - 3.2 = 0.8$ मोल बाकी बच गये।

अत : अभिक्रिया से पूर्व गैसों के मोलों की कुल संख्या $8 + 4 = 12$ थी तथा संतुलन अवस्था प्राप्त होने के बाद $1.6+0.8+6.4=8.8$ थी। बंद पात्र में स्थिर ताप पर गैस मिश्रण का दाब गैस की कुल मात्रा के समानुपाती होता है। अत : संतुलन अवस्था में दाब P अनुपात $12:8.8=300:P$ से ज्ञात किया जा सकता है।

अर्थात $P = \frac{8.8 \times 300}{12} = 220$ kPa

उदाहरण 8. किसी निश्चित तापमान पर हाइड्रोजन आयोडाइड का आरंभिक पदार्थों में परिवर्तित होने का वियोजन स्थिरांक 6.25×10^{-2} है। इस तापमान पर कितने प्रतिशत हाइड्रोजन आयोडाइड वियोजित होता है?

हल. HI वियोजन की अभिक्रिया का समीकरण निम्न है :

$$2HI \rightleftarrows H_2 + I_2$$

हम HI की आरंभिक सान्द्रता C (mol/l) मान लेते हैं। अगर संतुलन की अवस्था आने तक हाइड्रोजन आयोडाइड के प्रति C मोल x मोल वियोजित करते हैं तो अभिक्रिया के समीकरण के अनुसार H_2 के 0.5x मोल तथा I_2 के 0.5x मोल बने। अत : संतुलन सान्द्रताएं निम्न हुईं :

$$[HI] = (c - x) \text{ mol/l}; \quad [H_2] = [I_2] = 0.5x \text{ mol/l}$$

हम ये मान अभिक्रिया के संतुलन स्थिरांक के व्यंजन में भर देते हैं :

$$K = \frac{[H_2][I_2]}{[HI]^2}$$

$$6.25 \times 10^{-2} = \frac{0.5x \cdot 0.5x}{(c - x)^2}$$

समीकरण के दोनों पक्षों में से वर्गमूल घटाने पर हमें निम्न व्यंजन प्राप्त होता है :

$$0.25 = \frac{0.5x}{c - x}$$

अत : $x = 0.333\,C$

इसका मतलब यह हुआ कि संतुलन अवस्था आने पर हाइड्रोजन आयोडाइड की आरंभिक मात्रा का 33.3% भाग वियोजित हो जाता है।

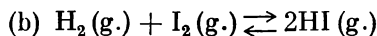
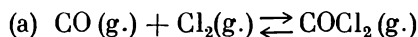
जब अभिक्रिया की परिस्थितियां (ताप, दाब, किसी भी एक अभिकारक या उत्पाद की सान्द्रता) परिवर्तित होती हैं, तो अग्रवर्ती तथा प्रतिवर्ती क्रियाओं की चालें भिन्न प्रकार से परिवर्तित होती हैं और रासायनिक संतुलन बिगड़ जाता है। किसी भी एक संभव दिशा में अभिक्रिया हैं तेजी आने से एक नयी रासायनिक संतुलन अवस्था प्राप्त होती है जो आरंभिक रासायनिक संतुलन अवस्था से भिन्न होती है। एक संतुलन अवस्था से दूसरी संतुलन अवस्था में आने की क्रिया को रासायनिक संतुलन का विस्थापन कहते हैं। इसकी दिशाएं ले-शातेल्ये के नियम का पालन करती हैं।

यदि संतुलन की अवस्था में किसी प्रणाली पर कोई प्रभाव डाला जाये, तो संतुलन का विस्थापन उस दिशा में होगा जिससे प्रभाव कम हो सके।

उदाहरणतया, ताप में वृद्धि होने से संतुलन ऊष्माशोषी अभिक्रिया की दिशा में विस्थापित होता है, अर्थात प्रणाली ठंडी होती है; दाब में वृद्धि से संतुलन गैसीय पदार्थों के अणुओं की कुल संख्या की कमी की दिशा में विस्थापित होता है अर्थात दाब के घटने की दिशा में; प्रणाली से कोई भी एक उत्पाद अलग करने से संतुलन अग्रवर्ती अभिक्रिया की दिशा में विस्थापित होता है तथा किसी भी अभिकारक की सान्द्रता घटने से संतुलन प्रतिवर्ती अभिक्रिया की दिशा में विस्थापित होता है।

उदाहरण 9. अगर स्थिर तापमान पर आयतन घटा कर गैस मिश्रण के दाब में वृद्धि लायी जाये तो निम्न प्रणाली में संतुलन किस दिशा में विस्थापित होगा :

$$\text{(a)}\ CO\,(g.) + Cl_2(g.) \rightleftarrows COCl_2\,(g.)$$

$$\text{(b)}\ H_2\,(g.) + I_2\,(g.) \rightleftarrows 2HI\,(g.)$$

हल. (a) अभिक्रिया की अग्रवर्ती दिशा में घटने से गैसों के मोलों की कुल संख्या घट जाती है अर्थात प्रणाली में दाब कम हो

जाता है। अत: ले-शातेल्ये के नियमानुसार दाब में वृद्धि से संतुलन अग्रवर्ती अभिक्रिया की दिशा में विस्थापित होता है। (b) अभिक्रिया के दौरान गैसों के मोलों की संख्या में कोई परिवर्तन न होने के कारण दाब में भी कोई परिवर्तन नहीं आता है। अत: इस अवस्था में परिवर्तन से संतुलन विस्थापित नहीं होगा।

रासायनिक अभिक्रिया का संतुलन स्थिरांक K_T इस अभिक्रिया की गिब्ज ऊर्जा में मानक परिवर्तन $\Delta G°_T$ के साथ निम्न प्रकार से संबंधित होता है:

$$\Delta G^\circ_T = -2.3RT \log K_T$$

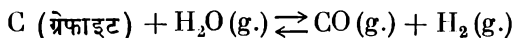
298K(25°C) के लिये यह समीकरण निम्न रूप ले लेता है:

$$\Delta G^\circ_{298} = -5.69 \log K_{298}$$

जहां $\Delta G°_{298}$kJ/mol में व्यक्त किया गया है।

अंतिम समीकरण यह बताता है कि $\Delta G°$ का चिन्ह ऋणात्मक तभी हो सकता है जब $\log K>0$ अर्थात $K>1$ तथा धनात्मक तब, जब $\log K<0$ अर्थात $K<1$। इसका मतलब यह हुआ कि $\Delta G°$ के मान ऋणात्मक होने पर संतुलन अग्रवर्ती अभिक्रिया की दिशा में विस्थापित होता है तथा प्राप्त उत्पादों की मात्रा अपेक्षाकृत ज्यादा होती है। $\Delta G°$ धनात्मक होने पर संतुलन प्रतिवर्ती अभिक्रिया की दिशा में विस्थापित होता है तथा प्राप्त उत्पादों की मात्रा अपेक्षाकृत कम होती है। यहां इस बात पर ध्यान देना है कि $\Delta G°$ का चिन्ह केवल मानक परिस्थितियों में अभिक्रिया के घटने की संभवना या असंभवना प्रदर्शित करता है जब सारे अभिकारक तथा उत्पाद मानक अवस्थाओं में होते हैं। आम परिस्थितियों में अभिक्रिया की संभवना (या असंभवना) $\Delta G°$ की जगह $\Delta G°$ के चिन्ह द्वारा निर्धारित की जाती है।

उदाहरण 10. निर्देश आंकड़ों की सहायता से यह बतायें कि किस तापमान पर भाप-अंगार गैस के बनने की निम्न अभिक्रिया का संतुलन-स्थिरांक इकाई के बराबर होगा:

$$C\ (\text{ग्रेफाइट}) + H_2O\,(g.) \rightleftarrows CO\,(g.) + H_2\,(g.)$$

तापमान पर ΔH° तथा ΔS° की निर्भरता की उपेक्षा कर सकते हैं।

हल. समीकरण $\Delta G_T^\circ = -2.3RT \log K_T$ से हमें यह पता चलता है कि $K_T=1$ होने पर रासायनिक अभिक्रिया की गिब्ज मानक ऊर्जा शून्य के बराबर होती है।

समीकरण $\Delta G^\circ_T=\Delta H^\circ_T-T\Delta S^\circ_T$ से यह पता चलता है कि संगत तापमान पर $\Delta H^\circ_T=T\Delta S^\circ_T$

$$\text{अत}: T = \frac{\Delta H_T^\circ}{\Delta S_T^\circ}$$

उदाहरण के आंकड़ों के अनुसार हम अपने कलनों में ΔH°_{298} तथा ΔS°_{298} के मानों का प्रयोग कर सकते हैं; ये मान परिशिष्ट की सारणी 5 में दिये गये हैं। अत:

$$\Delta H^\circ_{298} = \Delta H^\circ_{form}(CO) - \Delta H^\circ_{form}(H_2O) =$$

$$= -110.5 - (-241.8) = 131.3 \text{ kJ}$$

$$\Delta S^\circ_{298} = S^\circ_{298}(CO) + S^\circ_{298}(H_2) - S^\circ_{298}(C) - S^\circ_{298}(H_2O) =$$

$$= 197.5 + 130.5 - 5.7 - 188.7 = 133.6 \text{ J/K} = 0.1336 \text{ kJ/K}$$

$$\text{अत}: T = \frac{131.3}{0.1336} = 983 \text{ K}$$

प्रश्न

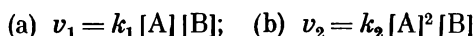
322. अभिक्रिया $A+B \rightarrow AB$ के लिये चाल स्थिरांक का मान ज्ञात करें, अगर A और B पदार्थों की सान्द्रताओं 0.05 तथा 0.01 mol/l के लिये अभिक्रिया की चाल $5+10^{-5}$ mol/(l·min) है।

323. अभिक्रिया $2A+B \rightarrow A_2B$ की चाल कितनी गुना परिवर्तित होगी, अगर पदार्थ A की सान्द्रता दुगुनी कर दी जाये और पदार्थ B की आधी कर दी जाये?

324. प्रणाली $2A_2(g.) + B_2(g.) = 2A_2B(g.)$ में अग्रवर्ती अभिक्रिया की चाल अपरिवर्तित रहने देने के लिये B_2 पदार्थ

की मान्द्रता कितनी गुना बढ़ायी जानी चाहिये, अगर पदार्थ A की सान्द्रता आरंभिक मान का $\frac{1}{4}$ कर दी गयी हो।

325. गैस A का एक मोल तथा गैस B के दो मोल एक पात्र में भरे जाते हैं तथा गैस A के दो मोल और गैस B का एक मोल उतनी ही धारिता वाले एक दूसरे पात्र में भरे जाते हैं। क्या इन बर्तनों में गैस A और B की अभिक्रिया की चाल विभिन्न होगी, अगर यह निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त की गयी हो?

$$(a)\ v_1 = k_1 [A][B]; \quad (b)\ v_2 = k_2 [A]^2 [B]$$

326. अभिक्रिया $3A + B \rightarrow 2C + D$ के आरंभ होने के कुछ देर बाद पदार्थों की सान्द्रताएं निम्न थी:

$$[A] = 0.03 \text{ mol/l}, \quad [B] = 0.01 \text{ mol/l}$$

$[C] = 0.008$ mol/l अभिकारकों A+B

की आरंभिक सान्द्रताएं कितनी थीं?

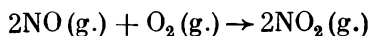
327. प्रणाली $CO + Cl_2 = COCl_2$ में CO की सान्द्रता 0.03 से बढ़ाकर 0.12mol/l तथा क्लोरीन की 0.02 से बढ़ाकर 0.06 mol/l कर दी गयी। अग्रवर्ती अभिक्रिया की चाल कितनी गुना बढ़ गयी?

328. पदार्थों A व B कके बीच अभिक्रिया समीकरण $A+2B \rightarrow C$ द्वारा व्यक्त किया गया है। अभिकारकों की आरंभिक सान्द्रताएं निम्न हैं:

$$[A]_0 = 0.03 \text{ mol/l} \quad [B]_0 = 0.05 \text{ mol/l}$$

अभिक्रिया का चाल स्थिरांक 0.4 है। अभिक्रिया की आरंभिक चाल बताइये। जब कुछ समय के बाद पदार्थ [A] की सान्द्रता 0.01mol घट जायेगी , तो अभिक्रिया की चाल क्या होगी?

329. अभिक्रिया

$$2NO(g.) + O_2(g.) \rightarrow 2NO_2(g.)$$

की चाल किस प्रकार परिवर्तित होगी अगर (a) प्रणाली का दाब

तीन गुना बढ़ा दिया जाये ; (b) प्रणाली का आयतन आरंभिक आयतन से 3 गुना कम कर दिया जाये ;
(c) NO की सान्द्रता तीन गुना बढ़ा दी जाये।

330. समान चाल से दो अभिक्रियाएं 25°C पर घटती है। प्रथम अभिक्रिया की चाल का ताप गुणांक 2.0 तथा दूसरी का 2.5 है। 95°C पर इन अभिक्रियाओं की चालों के बीच अनुपात ज्ञात कीजिये।

331. अभिक्रिया की चाल का ताप गुणांक कितना है, अगर ताप में 30 केल्विन की वृद्धि से चाल 15.6 गुना बढ़ जाती है?

332. अभिक्रिया की चाल का ताप गुणांक 2.3 है। अगर तापमान 25 केल्विन बढ़ा दिया जाये, तो अभिक्रिया की चाल कितनी गुना तेज हो जायेगी?

333. 150°C पर एक अभिक्रिया 16 मिनट में पूरी हो जाती है। अभिक्रिया की चाल का ताप गुणांक 2.5 मानकर परिकलित करें कि (a) 200°C तथा (b) 80°C पर यह अभिक्रिया कितनी देर में पूरी होगी?

334. क्या अभिक्रिया की चाल के गुणांक का मान बदल जायेगा अगर (1) एक उत्प्रेरक की जगह दूसरा उत्प्रेरक ले लिया जाये व (2) अभिकारकों तथा उत्पादों की सान्द्रताएं बदल दी जायें?

335. क्या अभिक्रिया का ताप प्रभाव उसकी सक्रियण ऊर्जा पर निर्भर करता है? अपने उत्तर का कारण समझाइये।

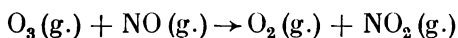
336. अगर अग्रवर्ती अभिक्रिया के दौरान ऊष्मा उत्सर्जित हो रही हो, तो किस अभिक्रिया – अग्रवर्ती या प्रतिवर्ती – के लिये सक्रियण ऊर्जा ज्यादा होगी?

337. 298 K पर किसी अभिक्रिया की चाल कितनी गुना बढ़ जायेगी अगर उसकी सक्रियण ऊर्जा 4kJ/mol कम कर दी जाये?

338. अभिक्रिया की सक्रियण ऊर्जा कितनी होगी, अगर तापमान 290 से बढ़ाकर 300 K करने पर उसकी चाल दुगुनी हो जाती है?

339. अभिक्रिया की सक्रियण ऊर्जा का मान बताइये, अगर 300 K पर इसकी चाल 280 K के मुकाबले 10 गुना अधिक है?

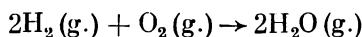
340. अभिक्रिया

$$O_3 (g.) + NO (g.) \rightarrow O_2 (g.) + NO_2 (g.)$$

की सक्रियण ऊर्जा 10kJ/mol है। अगर ताप 27° से बढ़ाकर 37°C कर दिया जाये तो अभिक्रिया की चाल कितनी गुना परिवर्तित होगी?

341. क्या अभिक्रिया की चाल का ताप गुणांक सक्रियण ऊर्जा के मान पर निर्भर करता है? अपने उत्तर के पक्ष में तर्क दीजिये।

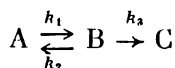
342. क्या विजातीय उत्प्रेरक की उपस्थिति में अभिक्रिया की सक्रियण ऊर्जा उत्प्रेरक के क्षेत्रफल तथा उसकी संरचना पर निर्भर करती है?

343. अभिक्रिया

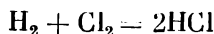
$$2H_2 (g.) + O_2 (g.) \rightarrow 2H_2O (g.)$$

के घटने के दौरान ऊष्मा का उत्सर्जन होता है, परंतु अभिक्रिया शुरू कराने के लिये गैसों का आरंभिक मिश्रण को गर्म करना पड़ता है। ऐसा क्यों होता है?

344. अभिक्रिया $A+B \rightleftarrows AB$ का ऊर्जा रेखाचित्र खींचिये। किस अभिक्रिया का – अग्रवर्ती या प्रतिवर्ती का चाल स्थिरांक बड़ा होगा?

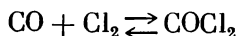
345. अभिक्रिया

$$A \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftarrows}} B \overset{k_3}{\rightarrow} C$$

का ऊर्जा रेखाचित्र बनाइये, अगर $k_1 > k_2 > k_3$ तथा पूर्ण अभिक्रिया के लिये $\Delta H > O$।

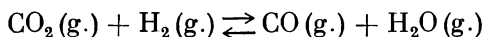
346. शृंखला अभिक्रिया

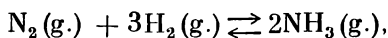
$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

में शृंखला मूलक H. से शुरू न होकर मूलक Cl. से क्यों शुरू होती है?

347. एक बंद पात्र में स्थिर ताप पर अभिक्रिया

$$CO + Cl_2 \rightleftarrows COCl_2$$

घटती है; अभिकारकों की मात्रा समान है। संतुलन अवस्था आने पर CO की आरंभिक मात्रा का 50% भाग बच जाता है। अगर आरंभिक दाब 100 kPa (750 mm Hg) था तो संतुलन गैस मिश्रण का दाब कितना होगा?

348. एक बंद पात्र में संतुलन

$$CO_2 (g.) + H_2 (g.) \rightleftarrows CO (g.) + H_2O (g.)$$

बनाया गया है; संतुलन स्थिरांक इकाई के बराबर है। बताइये कि अगर CO_2 का एक मोल तथा H_2 के पांच मोल मिलाये जयें तो किसी दिये गये तापमान पर कितने प्रतिशत CO_2 CO में परिवर्तित हो जायेंगे (2) अगर संतुलन आने तक हाइड्रोजन की आरंभिक मात्रा का 90% भाग अभिक्रिया में खर्च हो जाये, तो CO_2 तथा H_2 किस अनुपात में मिलाये गये थे?

349. प्रणाली

$$N_2 (g.) + 3H_2 (g.) \rightleftarrows 2NH_3 (g.),$$
$$\Delta H^\circ = - 92.4 \text{ kJ}$$

की संतुलन अवस्था में होने पर अभिकारकों तथा उत्पाद की सान्द्रताएं निम्न हैं:

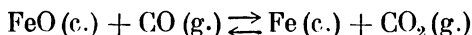
$$[N_2] = 3 \text{ mol/l}; \quad [H_2] = 9 \text{ mol/l}$$

तथा

$$[NH_3] = 4 \text{ mol/l}$$

(a) H_2 तथा N_2 की आरंभिक सान्द्रताएं ज्ञात करें, तथा बताइये कि (b) ताप की वृद्धि के साथ संतुलन किस दिशा में विस्थापित होगा और (c) अगर अभिक्रिया पात्र का आयतन घटा दिया जाये, तो अभिक्रिया का संतुलन किस दिशा में विस्थापित होगा?

350. किसी निश्चित ताप पर अभिक्रिया

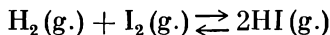
$$FeO (c.) + CO (g.) \rightleftarrows Fe (c.) + CO_2 (g.)$$

का संतुलन स्थिरांक 0.5 CO व CO_2 की संतुलन सान्द्रताएं ज्ञात कीजिये, अगर इन पदार्थों की आरंभिक सान्द्रताएं निम्न थीं:

$$[CO]_0 = 0.05 \text{ mol/l}$$

तथा

$$[CO_2]_0 = 0.01 \text{ mol/l}$$

351. प्रणाली

$$H_2(g.) + I_2(g.) \rightleftarrows 2HI(g.)$$

में संतुलन निम्न सान्द्रताओं पर प्राप्त किया गया :

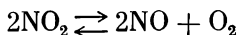
$$[H_2] = 0.025 \text{ mol/l}$$

तथा $[I_2] = 0.005 \text{ mol/l}$

$$[HI] = 0.09 \text{ mol/l}$$

आयोडीन हाइड्रोजन की आरंभिक सान्द्रताएं ज्ञात कीजिये।

352. किसी निश्चित तापमान पर प्रणाली में संतुलन

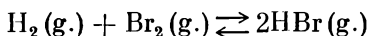
$$2NO_2 \rightleftarrows 2NO + O_2$$

निम्न सान्द्रताओं पर प्राप्त किया गया :

$$[NO_2] = 0.006 \text{ mol/l}, \quad [NO] = 0.024 \text{ mol/l}$$

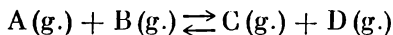
तथा $[O_2] = 0.012 \text{ mol/l}$

अभिक्रिया का संतुलन स्थिरांक तथा NO_2 की आंरभिक सान्द्रता ज्ञात करें।

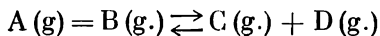
353. किसी निश्चित तापमान पर, $K=1$ अभिक्रिया

$$H_2(g.) + Br_2(g.) \rightleftarrows 2HBr(g.)$$

के लिये संतुलन अभिक्रिया की संरचना (प्रतिशत आयतन में) ज्ञात करें, अगर आरंभिक मिश्रण में H_2 के 3 मोल और Br_2 के दो मोल उपस्थित थे।

354. अभिक्रिया

$$A(g.) + B(g.) \rightleftarrows C(g.) + D(g.)$$

का संतुलन स्थिरांक इकाई के बराबर है। अगर पदार्थ A के तीन मोल और पदार्थ B के पांच मोल मिलाये जायें तो पदार्थ A की कितनी प्रतिशत मात्रा रूपांतरित हो जायेगी ?

555. गैसों A व B को मिलाने पर प्रणाली

$$A(g) = B(g.) \rightleftarrows C(g.) + D(g.)$$

में निम्न सान्द्रताओं पर संतुलन प्राप्त होता है :

$$[B] = 0.05 \text{ mol/l} \quad \text{तथा} \quad [C] = 0.02 \text{ mol/l}$$

अभिक्रिया का संतुलन स्थिरांक 4×10^{-2} है। पदार्थ A और B की आरंभिक सान्द्रताएं ज्ञात करें।

356. अभिक्रिया $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ का संतुलन स्थिरांक ज्ञात करें, अगर N_2O_4 की आरंभिक सान्द्रता 0.08mol/l थी तथा संतुलन अवस्था आने तक 50% N_2O_4 वियोजित हो गयी थी।

357. अभिक्रिया

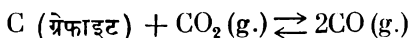
$$AB\,(g.) \rightleftharpoons A\,(g.) + B\,(g.)$$

एक बंद पात्र में घटती है। अभिक्रिया की संतुलन सान्द्रता 0.02mol/l है। पदार्थ AB की आरंभिक सान्द्रता ज्ञात करें। पदार्थ AB की कितनी प्रतिशत मात्रा अपघटित हुई?

358. अभिक्रिया $A + B \rightleftharpoons C + D$ का संतुलन स्थिरांक एक है। आरंभिक सान्द्रता

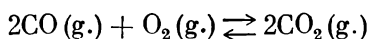
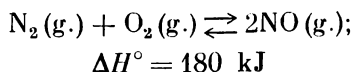
$$[A]_0 = 0.02 \text{ mol/l}$$

है। पदार्थ A की कितनी प्रतिशत मात्रा रूपांतरित होती है, अगर आरंभिक सान्द्रता $[B]_0$ 0.02, 0.1 तथा 0.2mol/l के बराबर है?

359. प्रणाली

$$C \text{ (ग्रेफाइट)} + CO_2\,(g.) \rightleftharpoons 2CO\,(g.)$$
$$\Delta H^\circ = 172.5 \text{ kJ}$$

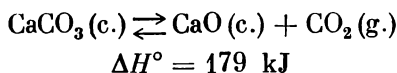
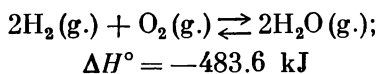
संतुलन अवस्था में है, संतुलित मिश्रण में (a) तापमान में वृद्धि से तथा स्थिर दाब पर कुल दाब में तथा (b) क्या स्थिर ताप पर कुल दाब में वृद्धि लाने से CO की मात्रा कैसे बदलेगी? संतुलन स्थिरांक कैसे परिवर्तित होगा, अगर ताप में वृद्धि लायी जाये? प्रणाली में एक उत्प्रेरक प्रयुक्त किया जाये?

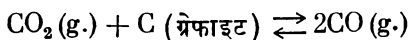
360. निम्न संतुलन किस दिशा में स्थानान्तरित होंगे :

$$2CO\,(g.) + O_2\,(g.) \rightleftharpoons 2CO_2\,(g.)$$
$$\Delta H^\circ = -566 \text{ kJ}$$

$$N_2(g.) + O_2(g.) \rightleftarrows 2NO(g.);$$
$$\Delta H^\circ = 180 \text{ kJ}$$

(a) जब तापमान निम्न किया जाता है?

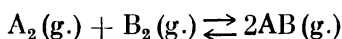
(b) जब दाब में वृद्धि लायी जाती है?

361. (a) दाब में वृद्धि तथा (b) ताप में वृद्धि लाने से निम्न अभिक्रियाओं का संतुलन किस प्रकार प्रभावित होगा :

$$2H_2(g.) + O_2(g.) \rightleftarrows 2H_2O(g.);$$
$$\Delta H^\circ = -483.6 \text{ kJ}$$
$$CaCO_3(c.) \rightleftarrows CaO(c.) + CO_2(g.)$$
$$\Delta H^\circ = 179 \text{ kJ}$$

362. अभिकारकों तथा उत्पादों की सान्द्रताओं में किन परिवर्तनों द्वारा अभिक्रिया

$$CO_2(g.) + C\ (\text{ग्रेफाइट}) \rightleftarrows 2CO(g.)$$

का संतुलन दायीं ओर स्थानान्तरित किया जा सकता है?

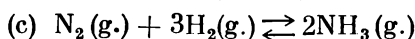
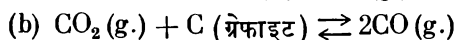
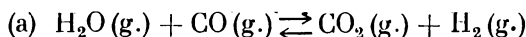
363. अभिक्रिया

$$A_2(g.) + B_2(g.) \rightleftarrows 2AB(g.)$$

का संतुलन किस दिशा में स्थानान्तरित होता है, अगर दाब दुगुना कर दिया जाता और साथ ही साथ तापमान 10° बढ़ा दिया जाता है? अग्रवर्ती तथा प्रतिवर्ती अभिक्रियाओं की चालों के ताप गुणांक क्रमश : 2 व 3 हैं। इस अभिक्रिया के लिये ΔH° का चिन्ह क्या है?

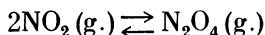
364. सारणी में दिये आंकड़ों की सहायता से 298 तथा 1000 K पर निम्न अभिक्रियाओं के लिये संतुलन स्थिरांकों का परिकलन करें :

(a) $H_2O(g.) + CO(g.) \rightleftarrows CO_2(g.) + H_2(g.)$

(b) $CO_2(g.) + C\ (\text{ग्रेफाइट}) \rightleftarrows 2CO(g.)$

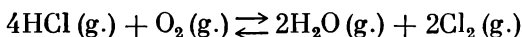
(c) $N_2(g.) + 3H_2(g.) \rightleftarrows 2NH_3(g.)$

तापमान के साथ ΔH° तथा ΔS° में परिवर्तनों को कोई महत्व न दें।

365. किस तापमान पर अभिक्रिया

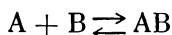
$$2NO_2 (g.) \rightleftharpoons N_2O_4 (g.)$$

का संतुलन स्थिरांक इकाई के बराबर होगा?

ΔH° तथा ΔS° में तापमान में परिवर्तनों को कोई महत्व न दें। निम्न तापमान पर संतुलन किस दिशा में स्थानन्तरित होगा?

366. यह मानते हुए कि अभिक्रिया

$$4HCl (g.) + O_2 (g.) \rightleftharpoons 2H_2O (g.) + 2Cl_2 (g.)$$

के लिये ΔH° व ΔS° तापमान पर निर्भर नहीं है, यह बताइये कि किस तापमान पर इस अभिक्रिया का संतुलन स्थिरांक इकाई के बराबर होगा?

367. 298 K पर अभिक्रिया

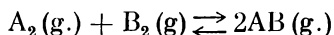
$$A + B \rightleftharpoons AB$$

के लिये गिब्ज ऊर्जा में मानक परिवर्तन —8kJ/mol है। आरंभिक सान्द्रताएं

$$[A]_0 = [B]_0 = 1 \ \text{mol/l}$$

है; पदार्थों A, B व AB की संतुलन सान्द्रताएं तथा अभिक्रिया का संतुलन स्थिरांक ज्ञात करें।

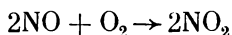
368. ΔG° ऋणात्मक होने पर भी कई बार अभिक्रिया घटाने में असफलता मिलती है। ऐसा क्यों होता है? ऐसी अवस्थाओं में अभिक्रिया किस तरह से घटायी जा सकती है?

369. तापमान के किसी निश्चित मध्यान्तर में अभिक्रिया

$$A_2 (g.) + B_2 (g) \rightleftharpoons 2AB (g.)$$

के लिये ΔG° का मान धनात्मक है। क्या इसका मतलब यह है कि A_2 तथा B_2 की सीधी प्रतिक्रिया से तापमान के इस मध्यान्तर में पदार्थ AB प्राप्त नहीं किया जा सकता? अपने उत्तर के पक्ष में तर्क दीजिये।

अपना ज्ञान परखिये

370. अगर अभिक्रिया के पात्र का आयतन दुगुना कर दिया जाये, तो अभिक्रिया

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

की चाल कैसे परिवर्तित होगी? (a) यह आरंभिक मान का $\frac{1}{4}$ हो

जायेगी ; (b) यह आरंभिक मान का $\frac{1}{8}$ हो जायेगी ; (c) यह चार गुना हो जायेगी ; (d) यह आठ गुना हो जायेगी।

371. प्रणाली में उत्प्रेरक की उपस्थिति से अभिक्रिया की चाल क्यों तेज हो जाती है? (a) सक्रियण ऊर्जा में कमी आने के कारण ; (b) अणुओं की औसत गतिज ऊर्जा में वृद्धि के कारण ; (c) टक्करों की संख्या में वृद्धि आने के कारण ; (d) सक्रिय अणुओं की संख्या में वृद्धि होने के कारण।

372. निम्न में से कौनसी प्रक्रिया से अभिक्रिया के चाल स्थिरांक में परिवर्तन आ जायेगा? (a) दाब में परिवर्तन से ; (b) ताप में परिवर्तन से ; (c) अभिक्रिया के पात्र के आयतन में परिवर्तन से ; (d) प्रणाली में उत्प्रेरक के प्रयोग से ; (e) अभिकारकों तथा उत्पादों की सान्द्रता में परिवर्तन से।

373. किसी विजातीय रासायनिक अभिक्रिया पर मिश्रण-क्रिया का क्या प्रभाव पड़ता है? (a) हर अवस्था में इससे अभिक्रिया की चाल तेज हो जाती है ; (b) केवल कुछ अवस्थाओं में इससे अभिक्रिया की चाल तेज हो जाती है ; (c) अभिक्रिया की चाल पर इसका कोई असर नहीं पड़ता।

374. तापमान के साथ अभिक्रिया की चाल में तेजी मुख्यत: निम्न कारण से आती है: (a) अणुओं की औसत गतिज ऊर्जा बढ़ जाती है ; (b) सक्रिय अणुओं की संख्या बढ़ जाती है ; (c) टक्करों की संख्या बढ़ जाती है।

375. किन अभिक्रियाओं की चाल तापमान के साथ तेज हो जाती है? (a) किसी भी अभिक्रिया की ; (b) उन अभिक्रियाओं की, जिनके घटने के दौरान ऊर्जा का उत्सर्जन होता है ; (c) उन अभिक्रियाओं की जिनके घटने के दौरान ऊर्जा का अवशोषण होता है।

376. अगर एक अभिक्रिया का चाल स्थिरांक (k′) दूसरी अभिक्रिया के चाल स्थिरांक (k″) से बड़ा है तो इन अभिक्रियाओं की सक्रियण ऊर्जाओं के क्या अनुपात सही होंगे?

(a) $E'a > E''a$; (b) $E'a < E''a$ (c) यह अनुपात ज्ञात नहीं किया जा सकता।

377. निम्न में से कौनसी प्रक्रिया रासायनिक अभिक्रिया के संतुलन स्थिरांक का मान बदल देती है?

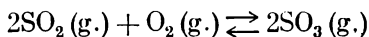
(a) दाब में परिवर्तन

(b) ताप में परिवर्तन

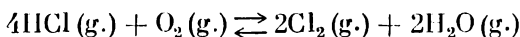
(c) उत्प्रेरक की बदली;

(d) अभिकारकों की सान्द्रताओं में परिवर्तन।

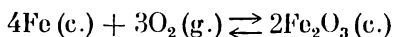
378. अगर एक बंद अभिक्रिया पात्र में संतुलन

$$2SO_2 (g.) + O_2 (g.) \rightleftarrows 2SO_3 (g.)$$

प्राप्त करके पात्र का आयतन आधा कर दिया जाये तो (a) अग्रवर्ती तथा प्रतिवर्ती अभिक्रियाओं की चालें नहीं बदलेंगी; (b) अग्रवर्ती अभिक्रिया की चाल प्रतिवर्ती अभिक्रिया की चाल की दुगुनी हो जायेगी; (c) संतुलन स्थानान्तरित नहीं होगा; (d) संतुलन दायीं ओर स्थानान्तरित हो जायेगा; (e) संतुलन बायीं ओर स्थानान्तरित हो जायेगा।

379. प्रणाली

$$4HCl (g.) + O_2 (g.) \rightleftarrows 2Cl_2 (g.) + 2H_2O (g.)$$

में क्या परिवर्तन लाने से संतुलन बायीं ओर स्थानान्तरित हो जायेगा? (a) O_2 की सान्द्रता बढ़ाने से; (b) Cl_2 की सान्द्रता बढ़ाने से; (c) दाब बढ़ाने; (d) अभिक्रिया पात्र का आयतन बढ़ाने से।

380. दाब की वृद्धि से प्रणाली

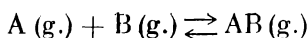
$$4Fe (c.) + 3O_2 (g.) \rightleftarrows 2Fe_2O_3 (c.)$$

में संतुलन किस दिशा में स्थानान्तरित होगा?

(a) अग्रवर्ती अभिक्रिया की दिशा में;

(b) प्रतिवर्ती अभिक्रिया की दिशा में;

(c) किसी भी दिशा में नहीं।

381. प्रणाली

$$A\,(g.) + B\,(g.) \rightleftharpoons AB\,(g.)$$

में उत्पाद AB की संतुलन सान्द्रता बढ़ाने के लिये क्या परिवर्तन लाने पड़ेंगे, अगर अभिक्रिया का ΔH° ऋणात्मक हो?

(a) प्रणाली में उत्प्रेरक प्रयुक्त करना पड़ेगा;

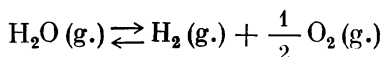
(b) ताप बढ़ाना पड़ेगा;

(c) ताप घटाना पड़ेगा;

(d) अभिक्रिया पात्र में पदार्थ B की अतिरिक्त मात्रा भरनी पड़ेगी।

382. स्वयं घट रही एक अभिक्रिया के लिये $\Delta S^\circ < 0$ है। ताप की वृद्धि से संतुलन स्थिरांक में क्या परिवर्तन आयेंगे? (a) यह बढ़ जायेगा; (b) यह घट जायेगा; (c) दिये गये आंकड़ों से इस परिवर्तन की जानकारी असंभव है।

383. अभिक्रिया

$$H_2O\,(g.) \rightleftharpoons H_2\,(g.) + \frac{1}{2}O_2\,(g.)$$

के संतुलन स्थिरांक का मान ताप की वृद्धि के साथ बढ़ता जाता है। इस अभिक्रिया के लिये ΔH°_{298} का चिन्ह क्या है? (a) $\Delta H^\circ > 0$ (b) $\Delta H^\circ < 0$; (c) दिये गये आंकड़ों से जानकारी नहीं हो सकती।

384. किसी अभिक्रिया के लिये $\Delta G^\circ > 0$ है। निम्न में से कौनसे कथन ठीक हैं? (a) $K > 1$ (b) $K < 1$; (c) संतुलित मिश्रण में उत्पाद प्रमुख हैं; (d) संतुलित मिश्रण में अभिकारक प्रमुख हैं।

385. 293 K पर किसी अभिक्रिया का संतुलन स्थिरांक 5×10^{-3} तथा 1000 K पर 2×10^{-6} है। इस अभिक्रिया के लिये ΔH° का चिन्ह बताइये।

(a) $\Delta H^\circ > 0$; (b) $\Delta H^\circ < 0$?

अध्याय 6.

विलयन

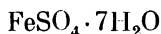
1. विलयनों की सान्द्रताएं. विलयशीलता

विलयन की सान्द्रता विलेय की वह मात्रा कहलाती है जो विलयन या विलायक के एक निश्चित द्रव्यमान या आयतन में होती है।

रसायन में सान्द्रता व्यक्त करने की विधियां निम्न हैं:

सान्द्रता व्यक्त करने की विधियां	परिभाषा
द्रव्यमान की प्रतिशत मात्रा (C)	विलेय के द्रव्यमान और विलयन के कुल द्रव्यमान का प्रतिशत अनुपात, उदाहरणतया, C=9.25% (द्रव्यमान)
मोलीय अंश (Ni)	विलेय (या विलायक) की मात्रा और विलयन में उपस्थित सभी पदार्थों की मात्राओं के योग का अनुपात। उदाहरणतया, विलायक और एकमात्र विलेय से बने तंत्र में अंतिम का मोलीय अंश $N_2 = n_2 (n_1 + n_2)$ और विलायक का मोलीय अंश $N_1 = n_1/(n_1 + n_2)$ जहां n_1 और n_2 विलायक और विलेय की संगत मात्राएं हैं।
मोलीय सान्द्रता या मोलरता (C_M और M)	विलेय की मात्रा और विलयन के आयतन का अनुपात; उदाहरणतया, 1.5 *M* विलयन या $C_M = 1.5 \text{ mol}/l$
मोललीय सान्द्रता या मोललता (m)	विलायक के द्रव्यमान और विलेय की मात्रा का अनुपात, उदाहरणतया, $m = 1.5 \text{ mol}/Kg(H_2O)$
तुल्य सान्द्रता या नार्मलता (C_n या N)	विलेय के तुल्यों की संख्या और विलयन के आयतन का अनुपात; उदाहरणतया, 0.75 विलयन या $C_N = 0.75 \text{ mol}/l$

उदाहरण 1. 50g क्रिस्टल हाइड्रेट

$$FeSO_4 \cdot 7H_2O$$

250g जल में विलीन किया गया। विलयन में क्रिस्टल हाइड्रेट तथा निर्जल फेरस (II) सल्फेट की प्रतिशत सान्द्रता ज्ञात करें।

हल. प्राप्त विलयन का द्रव्यमान 300g है। हम निम्न अनुपात द्वारा क्रिस्टल हाइड्रेट की प्रतिशत सान्द्रता ज्ञात करते हैं:

300g. विलयन — 100%

50 g. क्रिस्टल हाइड्रेट — X%

$$\text{अत:} \quad x = \frac{50 \times 100}{300} = 16.7\,\%$$

अब हम 50g क्रिस्टल हाइड्रेट में निर्जल लवण की मात्रा ज्ञात करते हैं। $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ का मोलीय द्रव्यमान 278 g/mol है तथा $FeSO_4$ का —152 g/mol। निम्न अनुपात द्वारा हम 50g $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ में $FeSO_4$ की मात्रा ज्ञात कर लेते हैं:

$$278 : 152 = 50 : x$$

अर्थात

$$x = \frac{50 \times 152}{278}\ 27.4\ \text{g}.$$

अत: 300g विलयन में निर्जल लवण की प्रतिशत सान्द्रता C निम्न कलन द्वारा ज्ञात हो जाती है:

$$C = \frac{27.4 \times 100}{300} = 9.1\ \%$$

उदाहरण 2. एक लीटर विलयन (8% निर्जल लवण युक्त) को तैयार करने के लिये आवश्यक जल और नीले थोथे $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ के द्रव्यमान ज्ञात करें। $CuSO_4$ के 8% विलयन का घनत्व 1.084g/ml है।

हल. प्राप्त एक लीटर विलयन का द्रव्यमान 1.084×1000

अर्थात 1084g होगा। इस विलयन में 8% निर्जल लवण अर्थात $1084 \times 0.08 = 86.7g$ उपस्थित होना चाहिये। हम निम्न अनुपात द्वारा $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (इसका मोलीय द्रव्यमान 249.7g/mol है), जिसमें 86.7g निर्जल लवण उपस्थित है (मोलीय द्रव्यमान 159,6 g/mol) का द्रव्यमान ज्ञात कर लेते हैं :

$$249.7 : 159.6 = x : 86.7$$

$$x = \frac{249.7 \times 86.7}{159.6} = 135.6 \text{ g.}$$

विलयन को प्राप्त करने के लिये 1084—135.6=948.4g जल की जरूरत पड़ेगी।

उदाहरण 3. 15% H_2SO_4 के 100ml विलयन (p=1.10g/mol) को तैयार करने के लिये 96% सल्फ्यूरिक अम्ल (घनत्व 1.84g/mol) के कितने आयतन तथा कितने जल की जरूरत पड़ेगी ?

हल. हम 15% H_2SO_4 के 100ml का द्रव्यमान ज्ञात करते हैं, इस विलयन के 110g में H_2SO_4 का द्रव्यमान $15 \times 110/100$ अर्थात 16.5g है।

अब हम 96% विलयन का आयतन ज्ञात करते हैं जिसमें 16.5g H_2SO_4 उपस्थित है। विलयन के एक मिलीलीटर का द्रव्यमान 1.84g है, अर्थात एक मिलीलीटर में

$$1.84 \times 0.96 = 1.77 \text{ g } H_2SO_4$$

उपस्थित है। अत: H_2SO_4 के आरंभिक विलयन का आयतन $\frac{16.5}{1.77}$ अर्थात 9.32ml होना चाहिये।

इसका मतलब यह हुआ कि 100ml H_2SO_4 के 15% विलयन को तैयार करने के लिये अम्ल के 96% विलयन के 9.32ml की जरूरत पड़ती है तथा

$$110—16.5 = 93.5 \text{ g } H_2O$$ की।

उदाहरण 4. क्षार के 10% विलयन को प्राप्त करने के लिये NaOH (p=1.33 g/mol) के 30% विलयन के 200ml में

जल का कितना आयतन मिलाना चाहिये? NaOH के 200ml विलयन का द्रव्यमान $200 \times 1.33 = 266$ g. है।

इस विलयन में 30% NaOH (अर्थात $266 \times 0.3 = 79.8$ g.) उपस्थित है। उदाहरण के आंकड़ों के अनुसार यह द्रव्यमान तनु विलयन के कुल द्रव्यमान का 10% है। अतः प्राप्त विलयन का द्रव्यमान

$$\frac{79.8}{10} \times 100 = 798 \text{ g}$$

होगा। इसका मतलब यह हुआ कि आरंभिक विलयन में 798—266= =532g जल मिलाना चाहिये।

उदाहरण 5. शर्करा $C_{12}H_{22}O_{11}$ के 67% विलयन में विलेय की मोललता तथा मोल-अंश ज्ञात करें।

हल. हम निम्न अनुपात द्वारा प्रति 1000g जल में शर्करा का द्रव्यमान ज्ञात कर लेते हैं:

$$1000 : 33 = x : 67$$

$$x = \frac{67 \times 1000}{33} = 2030 \text{ g}$$

शर्करा का मोलीय द्रव्यमान 342g/mol है अतः मोललता

$$m = \frac{2030}{342} = 5.96 \text{ mol/kg}$$

विलेय का मोलीय अंश $N_2 = n_2/(n_1+n_2)$ है। 100g विलयन में 67g शर्करा तथा 33g जल उपस्थित है, अतः

$$n_1 = \frac{33}{18} = 1.83 \text{ मोल}$$

$$n_2 = \frac{67}{342} = 0.196 \text{ मोल}$$

$$N_2 = \frac{0.196}{1.83+0.196} = 0.097$$

उदाहरण 6. H_2SO_4 (p=1.10g/mol) के 15% विलयन की मोललता, नार्मलता व मोलरता ज्ञात करें।

हल. मोललता ज्ञात करने के लिये पहले हम सल्फ्यूरिक ग्रम्ल के प्रति 1000g जल में द्रव्यमान ज्ञात कर लेते हैं :

$$1000 : 85 = x : 15;$$

$$x = \frac{15 \times 1000}{85} = 176.5 \text{ g}.$$

H_2SO_4 का मोलीय द्रव्यमान 98 g/mol हैं।

$$\text{ग्रत : } m = \frac{176.5}{98} = 1.80 \text{ mol प्रति } 1000\text{g } H_2O।$$

विलयन की मोलरता ग्रौर नार्मलता ज्ञात करने के लिये हम 1000 ml (ग्रर्थात $1000 \times 1.1 = 1100$g) में सल्फ्यूरिक ग्रम्ल का द्रव्यमान ज्ञात करते हैं :

$$1000 : 100 = y : 15$$

$$y = \frac{1100 \times 15}{100} = 165 \text{ g}.$$

सल्फ्यूरिक ग्रम्ल का तुल्य द्रव्यमान 49g/mol है।

ग्रत : $C_n = 165/49g = 3.37N$ तथा

$C_m = 165/98 = 1.68 mol/l$

उदाहरण 7. 500ml 3M विलयन तैयार करने के लिये HCl के 2 तथा 6M विलयन किस ग्रायतन में मिलाये जाने चाहियें ?

हल. 3M विलयन के 500ml में HCl के $0.5 \times 3 = 1.5$mol उपस्थित हैं। हम 6M विलयन के ग्रावश्यक ग्रायतन को x मान लेते हैं।

ग्रत : 2M विलयन का ग्रावश्यक ग्रायतन (0.5—x) लीटर होगा।

6M विलयन के 2 लीटरों में HCl के 6x mol उपस्थित हैं, जबकि 2M विलयन के (0.5—x) लीटरों में HCl के 2(0.5—x) mol उपस्थित हैं।

चूंकि मोलों की कुल संख्या 1.5 के बराबर है,

ग्रत : हम निम्न समीकरण लिख सकते हैं।

$$6x + 2(0.5 - x) = 1.5$$

$$x = 0.125 \text{ l}$$

अत : आवश्यक विलयन तैयार करने के लिये हमें HCl विलयनों के 6*M* के 125 ml तथा 2*M* के 375 ml लेने चाहियें।

उदाहरण 8. 42ml H_2SO_4 को उदासीन करने के लिये 14ml 0.3N क्षारीय विलयन की जरूरत थी। H_2SO_4 विलयन की मोलरता ज्ञात करें।

हल. चुंकि पदार्थ समान मात्रा में अभिक्रिया करते हैं। अत : हम निम्न समीकरण लिख सकते हैं :

$$Cn, acVac = Cn, \quad alkValk$$

जहां Cn, ac तथा Cn, alk Valk अम्ल तथा क्षार की नार्मलताएं और Vac व Valk संगत आयतन हैं।

$$\text{अत:} \quad Cn, ac \times 42 = 14 \times 0.3$$

$$Cn, ac = \frac{14 \times 0.3}{42} = 0.1$$

अर्थात अम्ल की सान्द्रता 0.1 N है। सल्फ्यूरिक अम्ल का तुल्य 0.5 मोल है। अत : अम्ल की सान्द्रता 0.1N है। सल्फ्यूरिक अम्ल का तुल्य 0.5 मोल है, अत : अम्ल की मोलरता $0.1 \times 0.5 =$ $= 0.05$ mol/l हुई।

पदार्थ की विलयशीलता उसके संतृप्त विलयन की सान्द्रता द्वारा मापी जाती है। ठोस पदार्थों की विलयशीलता प्राय : विलेयता गुणांक के मान द्वारा व्यक्त की जाती है अर्थात नियत अवस्थाओं में 100g विलायक को संतृप्त करने वाले पदार्थ के द्रव्यमान द्वारा।

गैसों की विलयशीलता प्राय अवशोषण गुणांक द्वारा व्यक्त की जाती है जो विलायक के एक आयतन को संतृप्त करने वाली गैस का आयतन बताता है। हेनरी नियम के अनुसार द्रव के नियत आयतन में स्थिर ताप पर विलीन होने वाली गैस का द्रव्यमान गैस के आंशिक दाब के अनुक्रमानुपाती होता है। हेनरी नियम से यह निष्कर्ष निकलता है कि विलीन होने वाली गैस का आयतन (अत : अवशोषण गुणांक भी) नियत ताप पर उसके आंशिक दाब पर निर्भर नहीं करता है।

उदाहरण 9. KNO_3 के संतृप्त विलयन में 60°C पर 52.4% लवण उपस्थित है। इस ताप पर लवण का विलेयता गुणांक ज्ञात करें।

हल. हम निम्न अनुपात द्वारा विलेयता गुणांक ज्ञात कर लेते हैं: 52.4g KNO_3 पर 47.6 H_2O लगता है, तथा xg KNO_3 100g H_2O लगता है।

अत: $$x = \frac{100 \times 52.4}{47.6} = 110 \text{ g}$$

अत: 60°C पर KNO_3 की विलेयशीता 100g H_2O में 110g हुई।

उदाहरण 10. 15% विलयन के 300g को ठंडा करने पर विलेय का एक हिस्सा अवक्षेपित हो गया तथा विलयन की सान्द्रता 8% हो गयी।

अवक्षेपित पदार्थ का द्रव्यमान बताइये।

हल. 15% विलयन के 300g में 45g विलेय तथा 255g विलायक उपस्थित हैं। ठंडा करने पर विलायक की मात्रा परिवर्तित नहीं होती है। हम निम्न अनुपात द्वारा 255g विलायक में विलेय की मात्रा ज्ञात कर सकते है:

92g विलायक में 8g पदार्थ उपस्थित है।

255g विलायक में xg पदार्थ उपस्थित है।

अर्थात $$x = \frac{8 \times 225}{92} = 22.2 \text{ g.}$$

अत: विलयन ठंडा होने पर 45 — 22.2 = 22.8g विलेय अवक्षेपित हो गया।

उदाहरण 11. O°C पर आक्सीजन तथा नाइट्रोजन के अवशोषण गुणांक क्रमश: 0.049 व 0.23 हैं। एक गैस मिश्रण में 20% (आयतन) O_2 तथा 80% (आयतन) N_2 उपस्थित हैं। उसे O°C पर जल के साथ तब तक मिलाया गया, जब तक कि एक संतृप्त विलयन प्राप्त हो गया। जल में विलीन गैसों की प्रतिशत मात्रा (आयतन) ज्ञात करें।

हल. उदाहरण के अनुसार 49ml O_2 तथा 23ml N_2 एक लीटर जल में विलीन होते हैं। इन आयतनों की सीधी तुलना नहीं की जा सकती क्योंकि विलीन गैसों के आंशिक दाब भिन्न हैं–गैस

मिश्रण के कुल दाब का 0,2 व 0.8 हैं। अगर हम गैस मिश्रण के कुल दाब को इकाई मान ले, तो विलीन आक्सीजन व नाइट्रोजन के आयतन

$$49 \times 0.2 = 9.8 \text{ ml } O_2$$

तथा

$$23 \times 0.8 = 18.4 \text{ ml } N_2$$

होंगे। अत: विलीन गैसों का कुल आयतन

$$9.8 + 18.4 = 28.2 \text{ ml}$$ होगा।

अब हम प्रत्येक गैस की प्रतिशत मात्रा निम्न प्रकार से ज्ञात कर सकते हैं:

$$\frac{9.8 \times 100}{28.2} = 35\ \% \text{ (आयतन) } O_2$$

तथा

$$\frac{18.4 \times 100}{28.2} = 65\ \% \text{ (आयतन) } N_2$$

प्रश्न

386. उस विलयन की सान्द्रता प्रतिशत में ज्ञात करें, जिस में 280g जल में 40g ग्लूकोस उपस्थित है।

387. 5 लीटर 80% विलयन (ρ=1.075g/ml) प्राप्त करने के लिये कितने ग्राम Na_2SO_3 की जरूरत पड़ेगी?

388. 1 लीटर 25% (द्रव्यमान के प्रति) विलयन में 0.458g विलेय उपस्थित है। विलयन का घनत्व कितना है?

389. 400g H_2SO_4 के 50% (द्रव्यमान के प्रति) विलयन से 100g जल वाष्पित किया गया। बाकी बचे विलयन की प्रतिशत सान्द्रता बताइये।

390. 25°C पर 100g जल में NaCl की विलयशीलता 36.0g है। संतृप्त विलयन की सान्द्रता प्रतिशत में निकालें।

391. लवण का 10% विलयन प्राप्त करने के लिये 300g जल में NaCl के 30% विलयन की कितने ग्राम मात्रा मिलानी चाहिये?

392. HCl का 9% (द्रव्यमान के प्रति) विलयन प्राप्त करने

के लिये 67.2 लीटर HCl जल के कितने द्रव्यमान में विलीन कराना चाहिये। आयतन सामान्य परिस्थितियों में मापा गया है।

393. 25% विलयन प्राप्त करने के लिय 1kg 50% (द्रव्यमान के प्रति) विलयन में KOH के 20% (द्रव्यमान के प्रति) विलयन का कितना द्रव्यमान मिलाना चाहिये?

394. 25% विलयन के 300g तथा 40% विलयन के 40g मिलाने से प्राप्त विलयन की प्रतिशत सान्द्रता ज्ञात करें।

395. 400g 20% विलयन को ठंडा करने पर 50g विलेय अवक्षेपित हो गया। बाकी बचे विलयन की प्रतिशत सान्द्रता बताइये।

396. 5% विलयन प्राप्त करने के लिये H_2SO_4 के 20% विलयन के 100ml(p=1.14g/ml) में कितना जल मिलाना चाहिये?

397. 500ml 32% HNO_3 (p=1.20g/ml) में 1 लीटर जल मिलाया गया। प्राप्त विलयन में HNO_3 की प्रतिशत सान्द्रता कितनी है?

398. 4.5% विलयन (p=1.029g/ml) प्राप्त करने के लिये 500ml 20% NaCl विलयन (p=1.152g/ml) को कितना तनु करना चाहिये?

399. नाइट्रिक अम्ल विलयन की प्रतिशत सान्द्रता बताइये जिसके एक लीटर में 224g HNO_3 उपस्थित है (p=1.12g/ml)।

400. KOH के 26% विलयन का घनत्व 1.24g/ml है। पांच लीटर विलयन में KOH के कितने मोल उपस्थित होंगे?

401. $MgSO_4$ का 5% विलयन तैयार करने के लिये 400g $MgSO_4 \times 7H_2O$ लिया गया। प्राप्त विलयन का द्रव्यमान बताइये।

402. $MgSO_4$ का 10% विलयन प्राप्त करने के 100 मोल जल में $MgSO_4 \times 7H_2O$ के कितने मोल मिलाने चाहियें।

405. 10% Na_2SO_4 विलयन करने के लिये 800g जल में कितने ग्राम $Na_2SO_4 \times 10H_2O$ घोलना पड़ेगा?

406. $AgNO_3$ के 2% विलयन के कितने ग्राम NaCl की अतिरिक्त मात्रा के साथ अभिक्रिया करके 14.35g AgCl अवक्षेप उत्पन्न करेंगे?

407. अमोनियम हाइड्रोक्साइड का 15% विलयन प्राप्त करने

के लिये NH_4OH के 10% विलयन के 200g में कितने लीटर NH_3 (आयतन सामान्य परिस्थितियों में मापा गया है) घोलना चाहिये ?

408. H_2SO_4 का 15% विलयन प्राप्त करने के लिये 400g H_2O में कितने ग्राम SO_3 घोलना पड़ेगी ?

409. 300ml 0.2M विलयन प्राप्त करने के लिये कितने $NaNO_3$ की जरूरत पड़ेगी ?

410. 500ml 0.25M विलयन में कितने ग्राम $NaCO_3$ उपस्थित हैं ?

411. क्षार के 30ml 0.1N विलयन को उदासीन करने के लिये 12ml अम्ल की जरूरत पड़ी। अम्ल की नार्मलता ज्ञात करें।

412. HCl के 36.2% विलयन का घनत्व 11.8g/ml हे। विलयन की मोलरता ज्ञात करें।

413. 1M तथा 1N विलयन के कितने आयतन में 114g $Al_2(SO_4)_3$ उपस्थित होता है ?

414. 100g जल में 20°C पर कैडमियम क्लोराइड की विलयशील-ता 114.1g है। $CdCl_2$ के संतृप्त विलयन की प्रतिशत सान्द्रता तथा मोललता ज्ञात करें।

415. 1 लीटर 0.25N विलयन प्राप्त करने के लिये H_2SO_4 के 96% विलयन ($p=1.84g/ml$) के कितने मिलीलीटरों की जरू-रत पड़ेगी ?

416. 15ml 2.5M विलयन से H_2SO_4 का कितने मिलीलीटर 0.5M विलयन तैयार किया जा सकता है।

417. 75ml 0.75N विलयन से H_3PO_4 के 0.1M विलयन का कितना आयतन तैयार किया जा सकता है ?

418. HCl का 25ml 2.5M विलयन तैयार करने के लिये HCl के 6.0M विलयन के कितने आयतन की जरूरत पड़ेगी ?

419. HNO_3 के 40% विलयन का घनत्व 1.25g/ml है। इस विलयन की मोलरता तथा मोललता ज्ञात करें।

420. 9.28N NaOH विलयन ($p=1.310g/ml$) की प्रतिशत सान्द्रता निकालें।

421. एथिल ऐल्कोहाल के 96% विलयन में ऐल्कोहाल तथा जल के मोल-ग्रंश ज्ञात करें।

422. 1kg जल में 666g KOH विलीन किया गया। विलयन का घनत्व 1.395g/ml है। (a) KOH की प्रतिशत सान्द्रता ; (b) मोलरता, (c) मोललता तथा (d) क्षार ग्रौर जल के मोलीय ग्रंशों का परिकलन करें।

423. H_2SO_4 के 15% विलयन का घनत्व 1.105g/ml है। विलयन की (a) नार्मलता, (b) मोलरता तथा (c) मोललता ज्ञात करें।

424. शर्करा $C_{12}H_{22}O_{11}$ के 9% विलयन का घनत्व 1.035g/ml है। (a) शर्करा की सान्द्रता g/l में, (b) विलयन की मोलरता तथा (c) मोललता निकालें।

425. सोडियम क्लोराइड का विलयन जिसमें प्रति 1000g H_2O में NaCl के 1.50 मोल उपस्थित हैं, प्राप्त करने के लिये कितने ग्राम जल लेना चाहिये ?

426. 500ml 0.5N विलयन प्राप्त करने के लिये कितने मिलीलीटर 0.5N H_2SO_4 विलयन की जरूरत पड़ेगी ?

427. 100ml 1N विलयन से 0.05N विलयन का कितना ग्रायतन प्राप्त किया जा सकता है ?

428. 1 लीटर 0.25N विलयन तैयार करने के लिये 2M Na_2CO_3 विलयन के कितने ग्रायतन की जरूरत पड़ेगी ?

429. 1 लीटर 2N विलयन प्राप्त करने के लिये कितने मिलीलीटर सान्द्रित हाइड्रोक्लोरिक ग्रम्ल (p=1.19g/ml) लेना चाहिये ? इस ग्रम्ल में 38% HCl उपस्थित है।

430. 400ml जल 100ml 96% H_2SO_4 (घनत्व 1.84g/ml) में मिलाकर एक विलयन (घनत्व 1.220 g/ml) प्राप्त किया गया। विलयन की प्रतिशत तथा तुल्य सान्द्रताएं ज्ञात करें।

431. सान्द्रित हाइड्रोक्लोरिक ग्रम्ल (घनत्व 1.18 g/ml) में 36.5% HCl उपस्थित है। ग्रम्ल की नार्मलता ज्ञात करें।

432. किसी विलयन में 16.0g NaOH उपस्थित है। इसे

उदासीन करने के लिये कितने मिलीलीटर 10% सल्फ्यूरिक अम्ल (ρ =1.07g/ml) की जरूरत पड़ेगी?

433. 1 लीटर विलयन में 18.9g HNO_3 तथा 1 लीटर दूसरे विलयन में 3.2g NaOH उपस्थित हैं। उदासीन अभिक्रिया वाला विलयन प्राप्त करने के लिये इन दोनों विलयनों को किस अनुपात में मिलाना चाहिये?

434. 100ml 0.5N $FeCl_3$ विलयन में उपस्थित सारे फेरस को $Fe(OH)_3$ के रूप में अवक्षेपित करने के लिये 0.2N क्षारीय विलयन के कितने आयतन की जरूरत पड़ेगी?

435. 400ml 0.5N $CaCl_2$ विलयन में अतिरिक्त सोडा मिलाने से कितने ग्राम $CaCO_3$ अवक्षेपित होगा?

436. 20ml 0.1 N अम्ल विलयन को उदासीन करने के लिये 8ml NaOH विलयन की जरूरत पड़ी। 1 लीटर NaOH विलयन में कितने ग्राम NaOH उपस्थित हैं?

437. 40ml क्षारीय विलयन को उदासीन करने के लिये 25ml 0.5 N H_2SO_4 विलयन की जरूरत पड़ी। क्षारीय विलयन की नार्मलता कितनी है? इसी काम के लिये 0.5N HCl विलयन का कितना आयतन पर्याप्त रहेगा?

438. किसी विलयन में 2.25g अम्ल उपस्थित है, इस विलयन को उदासीन करने के लिये 25ml 2N क्षारीय विलयन की जरूरत पड़ी। अम्ल का तुल्य द्रव्यमान ज्ञात करें।

439. किसी विलयन के प्रति लीटर में 12g क्षार उपस्थित है। इस विलयन के 20ml को उदासीन करने के लिये 24ml 0.25N अम्लीय विलयन की जरूरत पड़ी। क्षार के तुल्य द्रव्यमान की कलना करें।

440. 24.3g Mg को पूर्णतया विलीन करने के लिये 15% H_2SO_4 विलयन (p=1.10g/ml) के कितने आयतन की जरूरत पड़ेगी? और 27.Og Al के लिये?

441. 100g 15% $BaCl_2$ विलयन से $BaSO_4$ के पूर्ण अवक्षेपण के लिये 14.4ml H_2SO_4 की जरूरत पड़ी। H_2SO_4 विलयन की नार्मलता ज्ञात करें।

442. 500g गर्म जल में 300g NH_4Cl का कितना द्रव्यमान

विलयन से अवक्षेपित हो जायेगा, अगर इस ताप पर 100g जल में NH_4Cl की विलयशीलता 50g है?

443. 100g जल में पोटेशियम क्लोरेट की विलयशीलता 70°C पर 30.2g तथा 30°C पर 10.1g है। 70°C पर संतृप्त हुए 70g विलयन को अगर 30°C तक ठंडा किया जाये, तो कितने ग्राम पोटेशियम क्लोरेट अवक्षेपित होगा?

444. प्रति 100g H_2O में 30°C पर कापर सल्फेट का विलेयता गुणांक 25g है। क्या लवण का 18% विलयन इस ताप पर संतृप्त हो जायेगा?

445. 60°C पर संतृप्त हुए 70g विलयन को अगर 0°C तक ठंडा किया जाये, तो कितने ग्राम पोटेशियम नाइट्रेट क्रिस्टलित होगा? 100g H_2O में इन तापों पर लवण के विलयेता गुणांक क्रमश: 110g तथा 13g हैं।

446. 0°C ताप तथा 506.6kPa (3800mm Hg) दाब पर 1 लीटर जल CO_2 के साथ संतृप्त किया गया। जल से पृथक करके सामान्य परिस्थितियों में लाने पर विलीन गैस का आयतन कितना होगा? 100ml H_2O में 0°C पर CO_2 की विलयशीलता 171ml है।

447. 1 ml जल में 20°C पर अमोनिया की विलयशीलता 702ml है। संतृप्त अमोनिया की सान्द्रता प्रतिशत (द्रव्यमान) में व्यक्त करें। यह मान लें कि NH_3 का आंशिक दाब सामान्य वायुमंडलीय दाब के बराबर है।

448. 0°C पर 1 लीटर जल में 4.62 लीटर H_2S विलीन हो जाता है। 5% विलयन प्राप्त करने के लिये H_2S को किस दाब पर घोलना चाहिये?

449. यह जानते हुए कि वायुमंडलीय वायु में 21% (आयतन) O_2 तथा 79% (आयतन) N_2 उपस्थित है, 20°C ताप वाले जल से उत्सर्जित वायु का % संघटन (आयतन) ज्ञात करें। इस ताप पर आक्सीजन का अवशोषण गुणांक 0.031 तथा नाइट्रोजन का 0.0154 है।

450. किसी गैस मिश्रण में 40% (आयतन) N_2O तथा 60%

(आयतन) NO उपस्थित थीं। इस मिश्रण को 17°C ताप तथा स्थिर दाब पर जल में विलीन करके जल पूर्णतया संतृप्त कराया गया। जल से उत्सर्जित होने के बाद गैस मिश्रण की प्रतिशत संख्या (आयतन) निकालें, अगर 17°C पर N_2O व NO के अवशोषण गुणांक क्रमश: 0.690 तथा 0.050 हैं।

451. 0°C पर CO_2 का **अवशोषण गुणांक** 1.71 है। इसी ताप पर जल में CO_2 की विलयशीलता 16g/l रखने के लिये दाब कितना होना चाहिये?

2. विलयनों के बनने के दौरान ऊर्जा प्रभाव

किसी पदार्थ का एक मोल दिये गये विलायक में घोलने पर पदार्थ के विलयन की एन्थैल्पी में आये परिवर्तन को उस विलयन की एन्थैल्पी कहते हैं।

यह याद रखना चाहिये कि विलयन की एन्थैल्पी विलायक के ताप तथा उसकी मात्रा पर निर्भर करती है। इस खंड में दिये गये मान सामान्य ताप (18-20°C) तथा तनु विलयनों (विलेय के प्रति मोल में जल के 400-800 मोल) के लिये हैं (अगर और कुछ नहीं बताया गया है)।

उदाहरण 1. 10g अमोनियम क्लोराइड 233g जल में घोलने पर ताप 2.80 K कम हो गया। NH_4Cl विलयन की एन्थैल्पी ज्ञात करें।

हल. जब लवण की ऊपर बतायी मात्रा घोली गयी, तो एक काफी तनु विलयन प्राप्त हुआ, जिसकी विशिष्ट ऊष्मा धारिता (c) जल की ऊष्मा धारिता के बराबर अर्थात् 4.18 J/(g·K) मानी जा सकती है। विलयन का कुल द्रव्यमान (m) 243g है।

अवशोषित ऊष्मा की मात्रा ज्ञात करने के लिये हम तापमान में कमी (Δt) का कलन करते हैं:

$$Q = cm\Delta t = 4.18 \times 243\,(-2.80) = -2844 \text{ J} \approx -2.84 \text{ kJ}$$

अत: 10g लवण घोलने पर एन्थैल्पी में परिवर्तन 2.84 kJ हुआ। NH_4Cl का मोलीय द्रव्यमान 53.5g/mol है। अत: लवण के विलयन की एन्थैल्पी

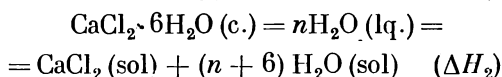
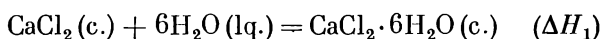
$$\Delta H = \frac{2.84 \times 53.5}{10} = 15.2 \text{ kJ/mol}$$

उदाहरण 2. 10g निर्जल कैल्सियम क्लोराइड जल में घोलने पर 6.82 kJ ऊष्मा उत्सर्जित हुई तथा 10g क्रिस्टल हाइड्रेट $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ जल में घोलने पर 0.87kJ ऊष्मा अवशोषित हुई। निर्जल लवण तथा जल से क्रिस्टल हाइड्रेट के बनने की एन्थैल्पी ज्ञात करें।

हल. निर्जल लवण को घोलने की क्रिया दो चरणों में निम्न प्रकार से लिखी जा सकती है:

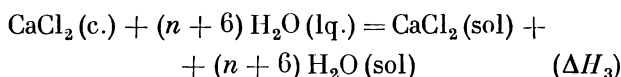
$$CaCl_2\,(c.) + 6H_2O\,(lq.) = CaCl_2 \cdot 6H_2O\,(c.) \quad (\Delta H_1)$$

$$CaCl_2 \cdot 6H_2O\,(c.) = nH_2O\,(lq.) =$$

$$= CaCl_2\,(sol) + (n+6)\,H_2O\,(sol) \quad (\Delta H_2)$$

यहाँ ΔH_1 क्रिस्टल हाइड्रेट के बनने की एन्थैल्पी है तथा ΔH_2 विलयन की एन्थैल्पी है।

कुल क्रिया निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त की जा सकती है:

$$CaCl_2\,(c.) + (n+6)\,H_2O\,(lq.) = CaCl_2\,(sol) +$$

$$+ (n+6)\,H_2O\,(sol) \qquad (\Delta H_3)$$

यहाँ ΔH_3 निर्जल लवण के विलयन की एन्थैल्पी है।

हेस नियम के अनुसार

$$\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$$

अत:

$$\Delta H_1 = \Delta H_3 - \Delta H_2$$

ΔH_1 का मान ज्ञात करने के लिये हमें निर्जल लवण के विलयन की एन्थैल्पी (ΔH_3) तथा क्रिस्टल हाइड्रेट की एन्थैल्पी (ΔH_2) ज्ञात करनी चाहिये।

$CaCl_2$ का मोलीय द्रव्यमान 111g/mol है। चूंकि 10g $CaCl_2$ विलीन करने पर एन्थैल्पी में परिवर्तन 6.82kJ है। अत:

$$\Delta H_3 = \frac{(-6.82) \times 111}{10} = -75.7 \text{ kJ/mol}$$

$CaCl_2 \cdot 6H_2O$ का मोलीय द्रव्यमान 219g/mol है, अतः

$$\Delta H_2 = \frac{0.87 \times 219}{10} = 19.1 \text{ kJ/mol}$$

अंत में क्रिस्टल हाइड्रेट के बनने की एन्थैल्पी ज्ञात हो जाती है:

$$\Delta H_1 = \Delta H_3 + \Delta H_2 = -75.7 - 19.1 = -94.8 \text{ kJ/mol}$$

प्रश्न

452. 10g NaOH 250g जल में घोलने पर ताप में 9.70 K की वृद्धि आ गयी। NaOH की एन्थैल्पी ज्ञात करें। विलयन की विशिष्ट ऊष्मा धारिता 4.18 J/(g. K.) मान सकते हैं।

453. H_2SO_4 का एक मोल 800g जल में घोलने पर ताप में 22.4 K की वृद्धि आ गयी। H_2SO_4 विलयन की विशिष्ट ऊष्मा धारिता 3.76 J/(g. K.) मान कर H_2SO_4 विलयन की एन्थैल्पी ज्ञात करें।

454. जल में NH_4NO_3 विलयन की एन्थैल्पी 26.7 kJ/mol है। अगर 20g NH_4NO_3 180g H_2O में घोला जाये, तो ताप कितने केल्विन गिर जायेगा? प्राप्त विलयन की विशिष्ट ऊष्मा धारिता 3.76/J (g. K) मानी जा सकती है।

455. 8g $CuSO_4$ 192 g जल में घोलने पर ताप में 3.95 केल्विन की वृद्धि आ गयी। निर्जल लवण तथा जल से $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ के बनने एन्थैल्पी ज्ञात करें, अगर क्रिस्टल हाइड्रेट के विलयन की एन्थैल्पी 11.7 kJ/mol तथा विलयन की विशिष्ट ऊष्मा धारिता 4.18 J/(g. K) है।

456. जल में $Na_2SO_4 \cdot 10\,H_2O$ विलयन की एन्थैल्पी 78.6 kJ/mol है। अगर इस लवण के 0.5 मोल 1000g जल में घोला जाये, तो तापमान कितने केल्विन गिर जायेगा? विलयन की विशिष्ट ऊष्मा धारिता 4.18 J/(g. K) है।

3. विद्युत-अनुपघट्यों के तनु विलयनों के भौतिक-रासायनिक गुण

विद्युत-अनुपघट्यों के तनु विलयनों में कई गुण (अणुसंख्य गुणधर्म) होते हैं जिनकी मात्रात्मक अभिव्यक्ति विलयन में विलेय

कणों की संख्या तथा विलायक की मात्रा पर निर्भर करती है। विलयनों के कुछ अणुसंख्य गुणधर्मों के आधार पर विलेय का आण्विक द्रव्यमान निर्धारित किया जाता है।

सान्द्रता पर इन गुणों की निर्भरता निम्न समीकरणों द्वारा व्यक्त की जाती है:

1. विलयन के ऊपर विलायक के वाष्पीय दाब का पात, Δp (राऊल नियम)

$$p_1 = N_1 p_0;$$

$$\Delta p = p_0 - p_1 = N_2 p_0 = p_0 \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

यहाँ p_1 विलयन के ऊपर विलायक की संतृप्त वाष्प का आंशिक दाब है; p_0 शुद्ध विलायक के ऊपर संतृप्त वाष्प का दाब है; N_1 विलायक का मोलीय अंश है; N_2 विलेय का मोलीय अंश है; n_1 विलायक के मोलों की संख्या है तथा n_2 विलेय के मोलों की संख्या है।

2. विलयन के क्रिस्टलीकरण के ताप का पात Δt_{cr}

$$\Delta t_{cr} = Km$$

यहाँ K विलयक का क्रिस्टलीकरणीय स्थिरांक है तथा m विलेय की मोललता है।

3. विलयन के क्वथनांक की वृद्धि Δt_b (Δt b):

$$\Delta t_b = Em$$

यहाँ E विलायक का क्वथनांकमितीय स्थिरांक है।

4. परासरण दाब P, k Pa:

$$P = C_m RT$$

यहाँ C_m मोलीय सान्द्रता है; R मोलीय गैस स्थिरांक [8.31 J/(mol·K)] है तथा T तापमान है।

कुछ विलायकों के हिमांकमितीय स्थिरांकों तथा क्वथनांकमितीय स्थिरांकों के मान निम्न हैं:

	K	E
जल	1.86	0.52
बेंजोल	5.1	2.57
एथिल ऐल्कोहाल	—	1.16
डाइएथिल ईथर	1.73	2.02

चलिये, अब ऊपर लिखित समीकरणों की सहायता से कुछ प्रश्न हल करते हैं।

उदाहरण 1. 25°C पर जल का संतृप्त वाष्प दाब 3.166 k Pa (23.75mm Hg) है। इसी ताप पर कार्बामाइड (यूरिआ) $CO(NH_2)_2$ के 5% जलीय विलयन के ऊपर संतृप्त वाष्प दाब कितना होगा?

हल. हम $p_1 = N_1 Po$ सूत्र द्वारा विलायक N_1 का मोलीय अंश ज्ञात करते हैं। 100g विलयन में 5g कार्बामाइड (मोलीय द्रव्यमान 60.05g/mol) तथा 95g जल (मोलीय द्रव्यमान 18.02g/mol) उपस्थित हैं। कार्बामाइड तथा जल के मोलों की संख्या निम्न होगी:

$$n_1 = \frac{95}{18.02} = 5.272$$

$$n_2 = \frac{5}{60.05} = 0.083$$

अब हम जल का मोलीय अंश ज्ञात कर लेते हैं:

$$N_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} = \frac{5.272}{5.272 + 0.083} = \frac{5.272}{5.355} = 0.985$$

अतः:

$$p_1 = 0.985 \times 3.166 =$$

$$= 3.119 \text{ kPa (या } 23.31 \text{ mm Hg)}$$

उदाहरण 2. किसी विलयन में 250g जल में 54g ग्लूकोस उपस्थित है। इस विलयन का किस तापमान पर क्रिस्टलीकरण हो जायेगा?

हल. 1000g जल के लिये विलयन में ग्लूकोस की मात्रा $54 \times 4 = 216$g होगी। ग्लूकोस का मोलीय द्रव्यमान 180g/mol है,

अत: विलयन की मोललता $m = 216/180 = 1.20$ mol प्रति 1000g H_2O।

सूत्र $\Delta t_{cr} = Km$ द्वारा हम Δt_{cr} का मान ज्ञात कर लेते हैं :

$$\Delta t_{cr} = 1.86 \times 1.20 = 2.23 \text{ K}$$

अत: विलयन 0—2.23=—2.23°C पर क्रिस्टलों में परिवर्तित हो जायेगा।

उदाहरण 3. किसी विलयन में 100g डाइएथिल ईथर में एक पदार्थ की 8g मात्रा उपस्थित है। यह विलयन 36.86°C पर उबलने लगता है, जबकि शुद्ध ईथर 35.60°C पर उबलता है। विलेय का आण्विक द्रव्यमान ज्ञात करें।

हल. उदाहरण के आंकड़ों से हम Δt_b का मान प्राप्त कर लेते हैं :

$$\Delta t_b = 36.86 - 35.60 = 1.26 \text{ K}$$

समीकरण $\Delta t_b = E_m$ से

$$m = \frac{\Delta t_b}{E}$$

$$\text{अर्थात } m = \frac{1.26}{2.02} = 0.624 \text{ mol}$$

प्रति 1000g ईथर। आरंभिक आंकड़े यह बताते हैं कि 1000g विलायक में 80g बिलेय उपस्थित है।

यह द्रव्यमान 0.624mol के संगत होने के कारण हम पदार्थ का मोलीय द्रव्यमान M निम्न प्रकार से ज्ञात कर सकते हैं :

$$M = \frac{80}{0.624} = 128.2 \text{ g/mol}$$

विलेय का आण्विक द्रव्यमान 128.2 है।

उदाहरण 4. 100ml विलयन में 6.33g हिमैटिन (रुधिर को रंग प्रदान करने वाला पदार्थ) उपस्थित है। 20°C पर इस विलयन

का परासरण दाब 243.4k Pa है। हिमैटिन का ग्राण्विक सूत्र ज्ञात करें, अगर उसका ग्रारंभिक अवयवानुपात ज्ञात है (% द्रव्यमान): C—64.6, H—5.2. N—8.8, O—12.6 तथा Fe—8.8

हल. समीकरण $p=c_mRT$ द्वारा हम विलयन की मोलरता ज्ञात कर सकते हैं:

$$Cm=\frac{P}{RT}\ \frac{243.41}{8.31\times 293}=0.1\ \text{mol/l}$$

अब हम हिमैटिन का ग्राण्विक द्रव्यमान ज्ञात करते हैं। उदाहरण के ग्रारंभिक ग्राकड़े यह बताते हैं कि 1 लीटर विलयन में 63.3g हिमैटिन उपस्थित है, जो 0.1 mol बनाता है। ग्रत: हिमैटिन का मोलीय द्रव्यमान

$$\frac{63.3}{0.1}=633\ \text{g/mol}$$

तथा ग्राण्विक द्रव्यमान 633 है।

अब हम हिमैटिन का सरलतम सूत्र ज्ञात करते है; हिमैटिन के एक ग्रणु में परमाणुग्रों C, H, N, O व Fe की संख्याएं x, y, z, m व n मान कर हम निम्न ग्रनुपात द्वारा व्यक्त कर सकते हैं:

$$x:y:z:m:n=\frac{64.6}{12}:\frac{5.2}{1}:\frac{8.8}{14}:\frac{12.6}{16}:\frac{8.8}{56}=$$

$$=5.38:5.2:0.629:0.788:0.157=$$

$$=34.3:33.1:4.0:5.0:1\approx$$

$$\approx 34:33:4:5:1$$

ग्रत: हिमैटिन का सरलतम सूत्र $C_{34}H_{33}N_4O_5Fe$ हुग्रा। ग्राण्विक द्रव्यमान 633 इस सूत्र के संगत बैठता है (क्योंकि $34\times 12+33\times 1+4\times 14+5\times 16+56\times 1=633$), जो ऊपर निकाले मान के साथ मिलता है। ग्रत: हिमैटिन का ग्राण्विक सूत्र भी वही है जो उसका सरलतम सूत्र है ग्रर्थात $C_{34}H_{33}N_4O_5Fe$।

प्रश्न

457. 25°C पर 0.5M ग्लूकोस विलयन का परासरण दाब कितना होगा?

458. शर्करा $C_{12}H_{22}O_{11}$ में 350g H_2O उपस्थित है। 293 K पर 16g शर्करा का परासरण दाब ज्ञात करें। विलयन का घनत्व इकाई मान सकते हैं।

459. बोतलों में दो विभिन्न विलयन लिये जाते हैं – पहले विलयन में ग्लूकोस $C_6H_{12}O_6$ है तथा दूसरे विलयन के 1 लीटर में 9.2g ग्लिसरीन $C_3H_5(OH)_3$ है। दोनों विलयनों का परासरण दाब समान रखने के लिये (ताप एक जैसा होने पर) पहले विलयन के 0.5 लीटर में कितने ग्राम ग्लूकोस उपस्थित होना चाहियें?

460. 25°C पर किसी जलीय विलयन का परासरण दाब 1.24 MPa है। 0°C पर विलयन का परासरण दाब ज्ञात करें।

461. किसी विलयन के 200ml में 2.80g उच्च आण्विक यौगिक उपस्थित है। 25°C पर इस विलयन का परासरण दाब 0.70 k Pa है। विलेय का आण्विक द्रव्यमान ज्ञात करें।

462. किसी विद्युत-अनुपघट्य के विलयन का परासरण दाब 243.4 k Pa है। 20°C पर इस विलयन को 3 लीटर दूसरे विद्युत-अनुपघट्य विलयन के साथ मिलाया जाता है जिसका परासरण दाब 486.8 kPa है। मिश्रित विलयन का परासरण दाब ज्ञात करें।

463. 100ml विलयन में 2.30g पदार्थ उपस्थित है। 298K पर इस विलयन का परासरण दाब 618.5 k Pa है।पदार्थ का आण्विक द्रव्यमान ज्ञात करें।

464. 25°C पर किसी विलयन का परासरण दाब 2.47 k Pa रखने के लिये विलयन में विद्युत-अनुपघट्य के कितने मोल उपस्थित होने चाहियें?

465. 1 मिलीलीटर विलयन में विलीन विद्युत-अनुपघट्य के 10^{18} अणु उपस्थित हैं। 298K पर विलयन का परासरण दाब ज्ञात करें।

466. किसी विलयन में 90g H_2O में 13.68g शर्करा $C_{12}H_{22}O_{11}$ उपस्थित है। 65°C पर इस विलयन के ऊपर वाष्प दाब जात करें, अगर इसी ताप पर जल के ऊपर संतृप्त वाष्प दाब 25.0 k Pa(187.5mm Hg) है।

467. 100°C पर 10% कार्बामाइड $CO(NH_2)_2$ विलयन के ऊपर संतृप्त वाष्प दाब कितना होगा?

468. 315 K पर जल के ऊपर संतृप्त वाष्प का दाब 8.2k Pa (61.5mm Hg) है। अगर 36g ग्लूकोस $C_6H_{12}O_6$ इस ताप पर 540g जल में विलीन किया जाये, तो वाष्प दाब कितना गिरेगा?

469. 293K पर जल के ऊपर संतृप्त वाष्प दाब 2.34k Pa (17.53mm Hg है। वाष्प दाब में 133.3 Pa (1mm Hg) की कमी लाने के लिये 180g जल में कितने ग्राम ग्लिसरीन घोलना है?

470. अगर 9g ग्लूकोस $C_6H_{12}O_6$ 100g जल में विलीन करायें, तो जल का क्वथनांक कितने केल्विन बढ़ जायेगा?

471. शर्करा $C_{12}H_{22}O_{11}$ का 50% (द्रव्यमान के प्रति) विलयन लगभग किस ताप पर उबलने लगेगा?

472. एथिल ऐल्कोहाल C_2H_5OH का 40% विलयन का लगभग किस ताप पर क्रिस्टलीकरण आरंभ होगा?

473. a) क्रिस्टलीकरण का तापमान एक केल्विन कम करने के लिये तथा (b) क्वथनांक एक केल्विन बढ़ाने के लिये 100g जल में कितने ग्राम शर्करा $C_{12}H_{22}O_{11}$ विलीन करानी पड़ेगी?

474. —20°C क्रिस्टलीकरण प्राप्त करने के लिये जल और एथिल ऐल्कोहाल किस अनुपात में मिलाने चाहियें?

475. एक मोटर के रेडियटर में 9 लीटर जल भरा गया। इस जल में 2 लीटर मेथिल ऐल्कोहाल (ρ=0.8g/ml) मिला हुआ था। अगर मोटर सड़क पर खड़ी कर दी जाये तो रेडियटर में भरा जल कितने तापमान तक नहीं जम जायेगा?

476. 200g जल में किसी पदार्थ की 5.0g मात्रा विलीन कराने पर एक अचालक विलयन प्राप्त होता है जिसका हिमांक— —1.45°C है। विलेय का आण्विक द्रव्यमान ज्ञात करें।

477. 400g डाइएथिल ईथर $(C_2H_5)_2O$ में 13.0g विद्युत-अनुपघट्य घोलने पर क्वथनांक में 0.453K की वृद्धि आ गयी। विलेय का आण्विक द्रव्यमान ज्ञात करें।

478. 40g बेंजोल में 3.24g सल्फर घोलने पर बेंजोल का

क्वथनांक 0.81K बढ़ गया। विलयन में सल्फर के एक अणु में कितने परमाणु उपस्थित हैं?

479. किसी पदार्थ का प्रतिशत संघटन – प्रतिशत द्रव्यमान – निम्न है – C—50.69, H_2—4.23 तथा O_2—45.08। इस पदार्थ की 2.09g मात्रा 60g बेंजोल में घोली गयी। विलयन 4.25°C पर जम जाता है। पदार्थ का आण्विक सूत्र ज्ञात करें। शुद्ध बेंजोल का हिमांक 5.5°C है।

480. जल-ऐल्कोहाल विलयन में 15% ऐल्कोहाल (p=0.97g/ml) मिलाया गया है। यह विलयन – 10.26°C पर जम जाता है। ऐल्कोहाल का आण्विक द्रव्यमान तथा 293K पर विलयन का परासरण दाब ज्ञात करें।

481. 100g H_2O में 4.57g शर्करा $C_{12}H_{22}O_{11}$ उपस्थित है। (a) 293K पर विलयन का परासरण दाब, (b) विलयन के क्रिस्टलीकरण का ताप (c) विलयन का क्वथनांक, व (d) 293 K पर विलयन के ऊपर संतृप्त वाष्प दाब ज्ञात करें। जल के ऊपर संतृप्त वाष्प दाब 293K पर 2.337k Pa (17.53mm Hg) है। विलयन का घनत्व जल के घनत्व के बराबर माना जा सकता है।

अपना ज्ञान परखिये

482. किसी विलयन में 22.4 लीटर H_2O में ग्लिसरीन का एक मोल उपस्थित है। 0°C पर इस विलयन का परासरण दाब कितना होगा? (a) 1.01×10^2k Pa; (b) 1.01×10^5k Pa; (c) 760mm Hg।

483. किसी विलयन में 2 लीटर जल में ऐल्कोहाल के 0.25 मोल तथा ग्लूकोस के 0.25 मोल उपस्थित हैं। 273K पर विलयन का परासरण दाब कितना होगा?
(a) 760mm Hg; (b) 380mm Hg; (c) 4256mm Hg

484. अगर 5g ऐल्कोहाल $C_2H_5OH(P_1)$, 5g ग्लूकोस $C_6H_{12}O_6(P_2)$ तथा 5g शर्करा $C_{12}H_{22}O_{11}(P_3)$ 250ml जल में घोलें, तो 273K पर परासरण दाबों के बीच क्या संबंध होगा?
(a) $P_3 > P_2 > P_1$; (b) $P_1 > P_2 > P_3$?

485. दो विलयनों के समान आयतनों में फोर्मेलिन HCHO तथा ग्लूकोस $C_6H_{12}O_6$ उपस्थित हैं। नियत ताप तथा एक जैसे परासरण दाब पर फोर्मेलिन तथा ग्लूकोस के द्रव्यमान किस अनुपात में होंगे?

(a) 1 : 1; (b) $M(HCHO) : M(C_6H_{12}O_6)$

486. 0°C पर किसी विलयन का परासरण दाब 2.27k Pa (17mm Hg) रखने के लिये 1 लीटर विलयन में विद्युत-अनुपघट्य के मोलों की संख्या कितनी होनी चाहिये?

(a) 0.001mol; (b) 0.01mol; (c) 0.1mol।

487. 0°C पर किसी विद्युत-अनुपघट्य विलयन का परासरण दाब 2.27k Pa (17mm Hg) है। विलयन की मोलरता बताइये।

(a) 0.1mol/l; (b) 0.01mol/l; (c) 0.001mol/l।

488. किसी जलीय विलयन में 250g जल में विद्युत-अनुपघट्य के 3×10^{23} अणु उपस्थित हैं। यह विलयन किस तापमान पर जम जायेगा?

(a) 273K; (b) 269.28K; (c) 271.14K

489. ग्लूकोस (t_1; M=180 प० द्र० मा०) तथा ऐल्बुमिन (t_2; M = 68000 प० द्र० मा०) के हिमांकों के बीच क्या अनुपात है ?

(a) $t_1 > t_2$; (b) $t_1 = t_2$; (c) $t_1 < t_2$ ।

490. $CH_3OH(t_1)$ तथा $C_2H_5OH(t_2)$ के 10% विलयनों के क्वथनांकों के बीच क्या अनुपात है?

(a) $t_1 > t_2$; (b) $t_1 < t_2$; (c) $t_1 = t_2$ ।

491. (a) 31g कार्बामिइड $CO(NH_2)_2$ तथा 2) 90g ग्लूकोस $C_6H_{12}O_5$ 200g जल में घोले गये। क्या दोनों विलयनों के क्वथनांक समान होंगी? (a) हां; (b) नहीं।

492. किसी कार्बनिक विलायक के 250g में x g विद्युत-अनुपघट्य घोला गया है, जिसका आण्विक द्रव्यमान M है। विलायक का हिमांकमितीय स्थिरांक K है। Δt_{cr} के लिये कौनसी अभिव्यंजना सही है?

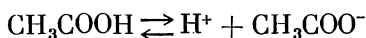
(a) K g/M; (b) 4Kg/M; (c) Kg/4M।

493. विद्युत-ग्रनुपघट्य का जलीय विलयन 373.52K पर उबलने लगता है। इस विलयन की मोलल सान्द्रता कितनी है ? (a) m=1; (b) m=0.1; (c) m=0.01mol प्रति 1000g H_2O ।

अध्याय 7

विद्युत-ग्रपघट्यों के विलयन

1. दुर्बल विद्युत-ग्रपघट्य. वियोजन स्थिरांक ग्रौर वियोजन-मात्रा

जल या ध्रुवीय ग्रणुग्रों से बने विलायकों में विद्युत-ग्रपघट्यों को विलीन करने से उनका वियोजन हो जाता है ग्रर्थात वे धनात्मक ग्रावेशित व ऋणात्मक ग्रावेशित ग्रायनों में विभाजित हो जाते हैं। विलयनों में ग्रांशिक रूप से वियोजित होने वाले विद्युत-ग्रपघट्य दुर्बल कहलाते हैं। ऐसे विलयनों में संतुलन ग्रवियोजित ग्रणुग्रों व उनके वियोजन के उत्पादों–ग्रायनों के बीच प्राप्त होता है। उदाहरण के लिये ऐसीटिक ग्रम्ल के जलीय विलयन में निम्न संतुलन प्राप्त होता है :

$$CH_3COOH \rightleftarrows H^+ + CH_3COO^-$$

ऐसीटिक ग्रम्ल का स्थिरांक (वियोजन या ग्रायनन स्थिरांक) निम्न समीकरण द्वारा समकक्षी कणों की सान्द्रताग्रों के साथ संबंधित होता है :

$$K = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

विद्युत-ग्रपघट्य की वियोजन-मात्रा या वियोजन की डिग्री α वियोजित हुए ग्रणुग्रों के ग्रंश को कहते हैं ग्रर्थात् दिये गये विलयन में ग्रायनों में वियोजित ग्रणुग्रों की संख्या व विलयन में उसके ग्रणुग्रों की कुल संख्या का ग्रनुपात।

विद्युत-ग्रपघट्य AX का उदाहरण लें। इसके A^+ व X^- ग्रायन

वियोजित होते है। इसका वियोजन स्थिरांक ग्रौर वियोजन मात्रा निम्न ग्रनुपात के ग्राधार पर ज्ञात किये जाते हैं। (ग्रास्वाल्ड नियम)

$$K = \frac{a^2C}{(1-a)}$$

यहाँ C विद्युत-ग्रपघट्य की मोलीय सान्द्रता mol/l है।

ग्रगर वियोजन की डिग्री इकाई से काफी कम है, तो गणनाग्रों में यह माना जा सकता है कि $1-a \approx 1$। इस प्रकार तनुता नियम का समीकरण काफी सरल हो जाता है:

$$K = \alpha^2 C$$

$$\text{यहां} \quad \alpha = \sqrt{\frac{K}{C}}$$

ग्रंतिम समीकरण यह बताता है कि दिये गये विलयन की तनुता (ग्रर्थात् विद्युत-ग्रपघट्य की सान्द्रता C में पात) के दौरान विद्युत ग्रपघट्य की वियोजन डिग्री बढ़ जाती है।

ग्रागर विद्युत-ग्रपघट्य AX के विलयन में इसकी वियोजन डिग्री α के बराबर है, तो विलयन में A^+ व X^- ग्रायनों की सान्द्रताएं समान होंगी तथा

$$[A^+] = [X^-] = \alpha C$$

इस समीकरण में α का मान भरने पर हमें निम्न परिणाम प्राप्त होता है:

$$[A^+] = [X^-] = C\sqrt{\frac{K}{c}} = \sqrt{Kc}$$

ग्रम्लों के वियोजन के कलनों के लिये ग्रक्सर स्थिरांक K की जगह वियोजन स्थिरांक सूचक pK प्रयोग करते हैं जिसे निम्न समीकरण द्वारा ज्ञात करते हैं:

$$pK = -\log K$$

हम देख रहे हैं कि K की वृद्धि के साथ ग्रर्थात् ग्रम्ल प्रबल होने पर pK का मान घटता है; ग्रत: ग्रम्ल जितना दुर्बल होता है, उसके लिये pK का मान उतना ही उच्च होता है।

उदाहरण 1. 0.1M विलयन में ऐसीटिक अम्ल के वियोजन की डिग्री 1.32×10^{-2} है। अम्ल के वियोजन स्थिरांक तथा pK का मान ज्ञात करें।

हल. हम तनुता नियम के समीकरण में उक्त आंकड़े भर देते हैं:

$$K = \frac{\alpha^2 C}{1-\alpha} = \frac{(1.32 \times 10^{-})^2 \times 0.1}{1-0.0132} = 1.77 \times 10^{-5}$$

यहाँ $pK = -\log(1.77 \times 10^{-5}) = 5 - \log 1.77 =$
$= 5 - 0.25 = 4.75$

सन्निकट सूत्र $K = \alpha^2 C$ के प्रयोग से K का निकटतम मान ज्ञात हो जाता है:

$$K = (1.32 \times 10^{-2})^2 \times 0.1 = 1.74 \times 10^{-5}$$

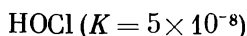
अत: pK=4.76

उदाहरण 2. हाइड्रोजन सायनाइड (हाइड्रोसायनिक अम्ल) का वियोजन स्थिरांक 7.9×10^{-10} है। 0.001M विलयन में HCN के वियोजन की डिग्री ज्ञात करें।

हल. HCN का वियोजन स्थिरांक बहुत छोटा होने के कारण हम कलनों में सन्निकट सूत्र इस्तेमाल कर सकते हैं:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{\frac{7.9 \times 10^{-10}}{10^{-3}}} = 8.9 \times 10^{-4}$$

उदाहरण 3. हाइपोक्लोरस अम्ल

$$HOCl\,(K = 5 \times 10^{-8})$$

के 0.1M विलयन में हाइड्रोजन आयनों की सान्द्रता ज्ञात करें।

हल. हम HOCl के वियोजन की डिग्री ज्ञात कर लेते हैं:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}} = \sqrt{\frac{5 \times 10^{-8}}{0.1}}\ 7 \times 10^{-4}$$

यहां $[H^+] = \alpha C = 7 \times 10^{-4} \times 0.1 = 7 \times 10^{-5}$ mol/l

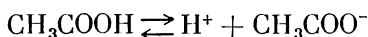
यह उदाहरण एक और तरीके से भी हल किया जा सकता है; समीकरण

$$[H^+] = \sqrt{KC}$$

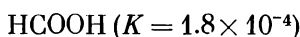
की सहायता से:

$$[H^+] = \sqrt{5 \times 10^{-8} \times 0.1} = 7 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$$

यदि दुर्बल विद्युत-अपघट्य के वियोजन से बने आयनों में से कोई आयन विलयन में मिलाया जाये, तो विलयन का संतुलन बिगड़ जायेगा और अवियोजित अणुओं के बनने की दिशा में स्थानान्तरित हो जायेगा, जिसके फलस्वरूप वियोजन की डिग्री कम हो जायेगी। उदाहरणतया, एसीटिक अम्ल विलयन में ऐसीटेट (जैसे, सोडियम ऐसीटेट) मिलाने से CH_3COO^- आयनों की सान्द्रता बढ़ जाती है तथा ले-शातेल्ये के नियमानुसार वियोजन

$$CH_3COOH \rightleftarrows H^+ + CH_3COO^-$$

का संतुलन बायीं ओर स्थानान्तरित हो जाता है।

उदाहरण 4. फार्मिक अम्ल

$$HCOOH \; (K = 1.8 \times 10^{-4})$$

के $0.2M$ विलयन में हाइड्रोजन आयनों की सान्द्रता किस प्रकार कम होगी, अगर 1 लीटर विलयन में लवण HCOONa का 0.1 मोल मिलाया जाये? यह मान सकते हैं कि लवण पूर्णतया वियोजित हो गया है।

<u>हल</u>. हम H^+ आयनों की विलयन में आरंभिक सान्द्रता (लवण मिलाने से पूर्व) निम्न समीकरण द्वारा ज्ञात करते हैं:

$$[H^+] = \sqrt{KC} = \sqrt{1.8 \times 10^{-4} \times 0.2} = 6 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

विलयन में लवण मिलाने के बाद हाइड्रोजन आयनों की सान्द्रता x से द्योतित करते हैं। इससे निष्कर्ष निकलता है कि अम्ल की

अवियोजित अणुओं की सान्द्रता 0.2—x के समान होगी। $HCOO^-$ आयनों की साद्रता दो मानों से बनती है—अम्ल के अणुओं की वियोजन सान्द्रता से तथा विलयन में लवण की उपस्थिति से बनी सान्द्रता से। पहला मान x है और दूसरा 0.1mol/l. सान्द्रताओं के ये मान हम निम्न समीकरण में भर देते हैं:

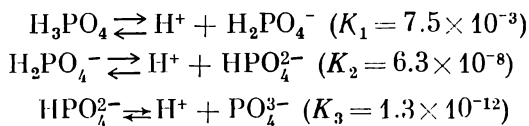
$$K = \frac{[H^+][HCOO^-]}{[HCOOH]} = \frac{x(0.1+x)}{0.2-x} = 1.8 \times 10^{-4}$$

चूंकि उभयनिष्ट $HCOO^-$ आयनों की उपस्थिति में फार्मिक अम्ल के वियोजन का दमन होता है, इसके वियोजन की डिग्री निम्न होती है तथा 0.1 व 0.2 की तुलना में परिमाण x की उपेक्षा की जा सकती है, अत: अंतिम समीकरण सरल हो जाता है:

$$K = \frac{0.1x}{0.2} = 1.8 \times 10^{-4}$$

यहाँ $x = 3.6 \times 10^{-4}$mol/l। प्राप्त आयनों की हाइड्रोजन आयनों की आरंभिक सान्द्रता के साथ तुलना करने से हम यह देखते हैं कि HCOONa लवण मिलाने से हाइड्रोजन आयनों की सान्द्रता $3.6 \times 10^{-4}/6 \times 10^{-3}$ अर्थात् आरंभिक मान का 1/16.6 हो गयी।

बहुक्षारीय अम्लों तथा कुछ हाइड्रोक्सिल ग्रुपों के क्षारों के विलयनों में वियोजन के चरणों के अनुसार क्रमिक संतुलन स्थापित हो जाता है, जैसे आर्थोफास्फोरिक अम्ल का वियोजन तीन चरणों में घटता है:

$$H_3PO_4 \rightleftarrows H^+ + H_2PO_4^- \quad (K_1 = 7.5 \times 10^{-3})$$
$$H_2PO_4^- \rightleftarrows H^+ + HPO_4^{2-} \quad (K_2 = 6.3 \times 10^{-8})$$
$$HPO_4^{2-} \rightleftarrows H^+ + PO_4^{3-} \quad (K_3 = 1.3 \times 10^{-12})$$

यहाँ हर चरण के लिये वियोजन स्थिरांक का निश्चित मान होता है। चूंकि

$$K_1 \gg K_2 \gg K_3$$

प्रथम चरण में वियोजन सबसे अधिक होता है तथा नियमानुसार प्रत्येक अगले चरण में काफी घट जाता है।

उदाहरण 5. हाइड्रोजन सल्फाईड वियोजन के दो चरणों के लिये वियोजन स्थिरांक K_1 व K_2 क्रमश: 6×10^{-8} व 1×10^{-14} हैं, H_2S के 0.1M विलयन में H^+, HS^- व S^{2-} आयनों की सान्द्रताएं ज्ञात करें।

हल. चूंकि H_2S का वियोजन मुख्यत: प्रथम चरण पर घटता है, हम वियोजन के द्वितीय चरण में बने H^+ आयनों की सान्द्रता की उपेक्षा कर सकते हैं तथा यह मान लेते हैं कि $[H^+] \approx [HS^-]$।

अत :

$$[H^+] \approx [HS^-] \approx \sqrt{K_1 C} = \sqrt{6 \times 10^{-8} \times 0.1} =$$
$$= 7.7 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$$

अब हम द्वितीय वियोजन स्थिरांक के लिये $[S^{2-}]$ का मान ज्ञात कर लेते हैं:

$$K_2 = \frac{[H^+][S^{2-}]}{[HS^-]}$$

$$\text{चूंकि} \quad [H^+] \approx [HS^-]$$

$$\text{अत:} \quad K_2 \approx [S^{2-}]$$

$$\text{अर्थात्} \quad [S^{2-}] = 1 \times 10^{-14} \text{ mol/l}$$

विद्युत-अपघट्य के वियोजन का परिणाम यह होता है कि उसके विलयन में विलेय कणों (अणुओं व आयनों) की कुल संख्या उसी मोलीय सान्द्रता वाले विद्युत-अनुपघट्य के विलयन के मुकाबले बढ़ जाती है। अत: विलयन में विलेय कणों पर निर्भर रहने वाले गुण, जैसे, परासरण दाब, वाष्प दाब का पात, क्वथनांक की वृद्धि, हिमांक का पात आदि समान सान्द्रता वाले विद्युत-अनुपघट्यों की तुलना में विद्युत-अपघट्य विलयनों में अधिक स्पष्ट रूप से प्रकट होते हैं। अगर वियोजन के परिणामस्वरूप विद्युत-अपघट्य विलयन में कणों की कुल संख्या अणुओं की कुल संख्या से i गुना हो जाती है, तो परासरण दाब तथा अन्य अणुसंखीय गुण ज्ञात करते समय इस बात का ध्यान

रखते हैं। विलायक के वाष्प दाब का पात Δp ज्ञात करने का सूत्र निम्न प्रकार से व्यक्त किया जा सकता है:

$$\Delta p = p_0 \frac{in_2}{n_1 + in_2}$$

यहाँ p_0 शुद्ध विलायक के ऊपर संतृप्त वाष्प दाब है; n_2 विलेय के मोलों की संख्या है; n_1 विलायक के मोलों की संख्या है तथा i समपरासारी गुणांक या वान्ट-गाफ गुणांक है।

इसी प्रकार विद्युत-अपघट्य के हिमांक का पात Δt_{cr} तथा क्वथनांक की वृद्धि Δt_b निम्न सूत्रों द्वारा ज्ञात की जाती हैं:

$$\Delta t_{cr} = iKm$$
$$\Delta t_b = iEm$$

यहाँ m विद्युत-अपघट्य की मोलीय सान्द्रता है; तथा K व E विलायक के हिमांकमितीय व क्वथनांकमितीय स्थिरांक हैं।

विद्युत-अपघट्य का परासरण दाब (P, kPa) निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात किया जाता है:

$$p = iCRT$$

यहाँ C विद्युत-अपघट्य की मोलीय सान्द्रता है mol/l; R मोलीय गैस स्थिरांक ($8.31 J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$) है तथा T परम तापमान K है।

यह देखना मुश्किल नहीं है कि समपरासारी गुणांक i निम्न समीकरण द्वारा ज्ञात कर सकते हैं:

$$i = \frac{\Delta p}{\Delta p_{1calC}} = \frac{\Delta t_{cr}}{\Delta t_{cr,\,calC}} = \frac{\Delta t_b}{\Delta t_{b,\,calC}} = \frac{P}{P_{cal\,C}}$$

यहाँ $\Delta\ p_{cal\ C}$, $\Delta t_{cr\ cal\ C}$, $\Delta t_{b\ cal\ C}$ व $p_{cal\ C}$ उन्हीं परिमाणों के लिये प्रयोगों द्वारा कलित (विद्युत-अपघट्य के वियोजन पर ध्यान दिये बिना) किये गये हैं।

समपरासारी गुणांक i विद्युत-अपघट्य के वियोजन की डिग्री α के साथ निम्न अनुपात से संबंधित होता है:

$$i = 1 + \alpha(k - 1)$$

$$\text{या} \quad \alpha = \frac{i-1}{k-1}$$

यहाँ k वियोजन के दौरान विद्युत-अपघट्य के अणु के वियोजन से प्राप्त आयनों की संख्या है (KCl के लिये k=2; $BaCl_2$ व $NaSO_4$ के लिये k=3, आदि)

इस प्रकार Δp, Δt_{cr} आदि के प्रायोगिक मानों से i का मान ज्ञात करके हम दिये गये विलयन में विद्युत-अपघट्य के वियोजन की डिग्री का परिकलन कर सकते हैं। यहाँ इस बात को ध्यान में रखना चाहिये कि उक्त विधि से प्रबल विद्युत-अपघट्यों के लिये α का जो मान प्राप्त होता है वह वियोजन की केवल आभासी डिग्री बताता है क्योंकि प्रबल विद्युत-अपघट्य विलयनों में पूर्णतया वियोजित हो जाते हैं। इकाई से वियोजन की आभासी डिग्री का अंतर विलयन में आयनिक पारस्परिक क्रिया के साथ संबंधित होता है (अगला खंड देखिये)।

उदाहरण 6. 125g जल तथा 0.85g जिंक क्लोराइड का विलयन —0.23°C पर जम जाता है। $ZnCl_2$ के वियोजन की आभासी डिग्री ज्ञात करें।

हल. सबसे पहले हम विलयन में लवण की मोलीय सान्द्रता (m) ज्ञात करते हैं। $ZnCl_2$ का मोलीय द्रव्यमान 136.3g/mol है, अत:

$$m = \frac{0.85 \times 1000}{136.3 \times 125} = 0.050 \text{ mol/kg}$$

प्रति 1000g H_2O

अब हम विद्युत-अपघट्य के वियोजन की उपेक्षा करके हिमांक का पात ज्ञात करते हैं (जल का हिमांकमितीय स्थिरांक 1.86 है):

$$\Delta t_{cr,\, calc} = 1.86 \times 0.050 = 0.093°C$$

इस मान की हिमांक के पात के प्रायोगिक मान के साथ तुलना करके समपरासारी गुणांक i ज्ञात कर लेते हैं:

$$i = \frac{\Delta t_{cr}}{\Delta t_{cr,\,calc}} = \frac{0.23}{0.093} = 2.47$$

अब हम लवण के वियोजन की आभासी डिग्री ज्ञात करते हैं:

$$\alpha = \frac{i-1}{k-1} = \frac{2.47-1}{3-1} = 0.735$$

उदाहरण 7. 180g जल व 5g सोडियम हाइड्रोक्साइड के विलयन के ऊपर 100°C पर जल का संतृप्त वाष्प दाब ज्ञात करें। NaOH के वियोजन की आभासी डिग्री 0.8 है।

हल. हम समपरासारी गुणांक i ज्ञात करते हैं:

$$i = 1 + \alpha(k-1) = 1 + 0.8(2-1) = 1.8$$

अब हम निम्न समीकरण द्वारा विलयन के ऊपर वाष्प दाब का पात ज्ञात करते हैं:

$$\Delta p = p_0 \frac{in_2}{n_1 + in_2}$$

100°C पर जल के ऊपर संतृप्त वाष्प दाब 101.33k Pa (760mm Hg) है। सोडियम हाइड्रोक्साइड का मोलीय द्रव्यमान 40g/mol है तथा जल का 18g/mol है। अत:

$$n_1 = 180 : 18 = 10 \text{ mol}$$

$$n_2 = 5:40 = 0.125 \text{ mol}$$।

अर्थात्

$$\Delta p = 101.33 \times \frac{1.8 \times 0.125}{10 + 1.8 \times 0.125} =$$

$$= 101.33 \times \frac{0.225}{10.2} =$$

$$= 2.23 \text{ kPa} \quad (\text{या } 16.7 \text{ mm Hg})$$

अब हम विलयन के ऊपर संतृप्त वाष्प दाब ज्ञात करते हैं:

$$p = p_0 - \Delta p = 101.33 - 2.23 = 99.1 \text{ kPa}$$
(या 743.3mm Hg)

उदाहरण 8. किसी विद्युत-अपघट्य के 0.2M विलयन के लिये समापरासारी गुणांक ज्ञात करें, अगर 1 लीटर विलयन में विलेय के 2.18×10^{23} कण (अणु तथा आयन) उपस्थित हैं।

हल. 1 लीटर विलयन तैयार करने के लिये विद्युत-अपघट्य के अणुओं की संख्या

$$6.02 \times 10^{23} \times 0.2 = 1.20 \times 10^{23}$$

है। विलयन के अंदर बने विलेय कणों की संख्या

$$2.18 \times 10^{23}$$

है। समपरासारी गुणांक दर्शाता है कि अंतिम संख्या लिये गये अणुओं की संख्या से कितने गुना अधिक है, अर्थात्:

$$i = \frac{2.18 \times 10^{23}}{1.20 \times 10^{23}} = 1.82$$

प्रश्न *

494. NaCl के 0.5mol, KCl के 0.16mol तथा K_2SO_4 के 0.24 मोल से 1 लीटर विलयन तैयार करते हैं। अगर हमारे पास केवल NaCl, KCl व Na_2SO_4 होते तो यह काम कैसे संभव हो सकता?

495. ब्युटिरिक अम्ल C_3H_7COOH का वियोजन स्थिरांक 1.5×10^{-5} है। 0.005M विलयन में इसके वियोजन की डिग्री ज्ञात करें।

---

* इस खंड में दिये गये प्रश्नों को हल करते समय आवश्यकता पड़ने पर सारणी 6 का प्रयोग किया जा सकता है, जहाँ विभिन्न विद्युत-अपघट्यों के वियोजन स्थिरांकों के मान दिये गये हैं।

496. 0.2N विलयन में हाइपोक्लोरस अम्ल HOCl के वियोजन की डिग्री ज्ञात करें।

497. 0.2N विलयन में फार्मिक अम्ल HCOOH के वियोजन की डिग्री 0.03 है। अम्ल का वियोजन स्थिरांक तथा pK का मान ज्ञात करें।

498. 0.1N विलयन के वियोजन के प्रथन चरण में कार्बोनिक अम्ल H_2CO_3 के वियोजन की डिग्री 2.11×10^{-3} है। K_1 का कलन करें।

499. विलयन की सान्द्रता कितनी होने पर नाइट्रस अम्ल HNO_2 के वियोजन की डिग्री 0.2 होगी?

500. 0.1N विलयन में ऐसीटिक अम्ल के वियोजन की डिग्री 1.32×10^{-2} है। नाइट्रस अम्ल HNO_2 की सान्द्रता कितनी होने पर इसके वियोजन की डिग्री इतनी ही रहेगी?

501. ऐसीटिक अम्ल के 300ml 0.2 M विलयन के वियोजन की डिग्री दुगुनी करने के लिये विलयन में कितना जल मिलाना चाहिये?

502. फार्मिक अम्ल के जलीय विलयन में हाइड्रोजन आयनों H^+ की सान्द्रता कितनी होगी अगर $\alpha = 0.03$?

503. सल्फ्यूरस अम्ल के 0.02M विलयन में $[H^+]$ का मान ज्ञात करें। अम्ल के दूसरे चरण के वियोजन की उपेक्षा कर सकते हैं।

504. H_2Se के 0.05M विलयन में $[H^+]$ $[HSe^-]$ तथा $[Se^{2-}]$ के मान ज्ञात करें।

505. अगर सोडियम ऐसीटेट का 0.05 मोल 1 लीटर 0.005M ऐसीटिक अम्ल विलयन के साथ मिलायें, तो हाइड्रोजन आयनों की सान्द्रता कितने गुना कम होगी?

506. CH_3COO^- विलयन के 1 लीटर में CH_3COOH का एक मोल तथा HCl का 0.1 मोल उपस्थित है। विलयन में CH_3COO^- आयनों की सान्द्रता ज्ञात करें। अंतिम को पूर्णतया वियोजित मान सकते हो।

507. आर्थोफास्फोरिक अम्ल के क्रमागत वियोजन स्थिरांकों के

मानों की सहायता से प्रत्येक वियोजन चरण के लिये गिब्ज ऊर्जा में परिवर्तन ΔG° का चिन्ह ज्ञात करें। किस चरण के लिये ΔG° का परिमाण सबसे अधिक होगा?

508. 250g जल तथा 2.1g KOH का विलयन —0.519°C पर जम जाता है। इस विलयन के लिये समपरासारी गुणांक ज्ञात करें।

509. 0°C पर पोटेशियम कार्बोनेट के 0.1N विलयन का परासरण दाब 272.6 kPa है। विलयन में K_2CO_3 के वियोजन की आभासी डिग्री ज्ञात करें।

510. 200g जल तथा 0.53g सोडियम कार्बोनेट का विलयन —0.13°C पर जम जाता है। लवण के वियोजन की आभासी डिग्री ज्ञात करें।

511. चीनी का 0.5 मोल तथा $CaCl_2$ का 0.2 मोल जल की समान मात्राओं में अलग-अलग पात्रों में विलीन किये जाते हैं। दोनों विलयनों का हिमांक समान है। $CaCl_2$ के वियोजन की आभासी डिग्री ज्ञात करें।

512. सोडियम सल्फेट के 0.05 मोल तथा 450g जल के विलयन का 100°C पर वाष्प दाब 100.8 kPa है (756.2mm Hg)। Na_2SO_4 के वियोजन की आभासी डिग्री ज्ञात करें।

513. 1 लीटर 0.01M ऐसीटिक अम्ल विलयन में अणुओं व आयनों की संख्या 6.26×10^{21} है। अम्ल के वियोजन की डिग्री ज्ञात करें।

514. 0.1N विलयन में पोटेशियम क्लोराइड के वियोजन की आभासी डिग्री 0.80 है। 17°C पर विलयन का परासरण दाब कितना होगा?

अपना ज्ञान परखिये

515. KNO_3 (P_1) तथा CH_3COOH (P_2) के 0.1M विलयनों में परासरण दाबों के बीच क्या संबंध है?

(a) $P_1 > P_2$; (b) $P_1 = P_2$; (c) $P_1 < P_2$

516. हाइड्रोजन सायनाइड HCN तथा ग्लूकोस $C_6H_{12}O_6$ के एकामोलल विलयनों के हिमांक निकट हैं। HCN के वियोजन की डिग्री के बारे में क्या कहा जा सकता है?

(a) HCN के वियोजन की डिग्री इकाई के निकट है;

(b) वियोजन की डिग्री शून्य के निकट है।

517. $AlCl_3$ (t_1) तथा $CaCl_2(t_2)$ के प्रति तनु विलयनों की मोलल सान्द्रताएं समान हैं। दोनों विलयनों के क्वथनांकों, का सही अनुपात क्या होगा?

(a) $t_1 = t_2$; (b) $t_1 < t_2$; (c) $t_1 > t_2$।

518. 4 पदार्थों के 0.01M विलयनों का कौनसा क्रम परासरण दाब में पात के तदनुरूपी है?

(a) $CH_3COOH — NaCl — C_6H_{12}O_6 — CaCl_2$

(b) $C_6H_{12}O_6 — CH_3COOH — NaCl — CaCl_2$

(c) $CaCl_2 — NaCl — CH_3COOH — C_6H_{12}O_6$

(d) $CaCl_2 — CH_3COOH — C_6H_{12}O_6 — NaCl$

519. अमोनियम सायनाइड

NH_4CN (t_1)

तथा ऐसीटिक ऐल्डिहाइड $CH_3CHO(t_2)$

के विलयनों के हिमांकों के बीच क्या संबंध है, अगर प्रत्येक विलयन बनाने के लिये 100g जल में 5g विलेय घोला गया है?

(a) $t_1 = t_2$; (b) $t_1 > t_2$; (c) $t_1 < t_2$।

520. जल $(\Delta G°_1)$ तथा ऐसीटिक अम्ल $(\Delta G°_2)$ के वियोजन की प्रक्रियाओं के लिये गिब्ज ऊर्जा में मानक परिवर्तन के मानों के बीच सही संबंध बताइये।

(a) $\Delta G_1^\circ > \Delta G_2^\circ$; (b) $\Delta G_1^\circ = \Delta G_2^\circ$; (c) $\Delta G_1^\circ < \Delta G_2^\circ$

2. प्रबल विद्युत-अपघट्य. आयनों की सक्रियता

जलीय विलयनों में पूर्णतया वियोजित होने वाले विद्युत-अपघट्य प्रबल कहलाते हैं। अधिकांश लवण, जो क्रिस्टलीय अवस्था में आयनों में बने होते हैं, कुछ क्षारों व क्षारीय मृदा धातुओं के हाइड्रोक्साइड तथा कुछ अम्ल (HCl, HBr, HI, $HClO_4$, HNO_3) प्रबल विद्युत-अपघट्य की सूची में गिने जाते हैं।

प्रबल विद्युत-अपघट्यों के विलयनों में आयनों की सान्द्रता काफी उच्च होने के कारण विद्युत-अपघट्य की सान्द्रता काफी निम्न होने पर भी अंतरा आयनी पारस्परिक क्रिया के बल प्रत्यक्ष हो जाते हैं। इसके परिणामस्वरूप आयन अपनी गति में पूर्णतया स्वतंत्र नहीं रहते तथा विद्युत-अपघट्य का पूर्ण वियोजन होने पर उसके आयनों के सारे गुण क्षीण रूप से प्रकट होते हैं। यही कारण है कि विलयन में आयनों की अवस्था उनकी सान्द्रता के अलावा उनकी सक्रियता द्वारा भी व्यक्त की जाती है—आयन की सक्रियता उसकी वह प्रतिबंधित (प्रभावी) सान्द्रता है जिसके अनुसार वह रासायनिक अभिक्रियाओं में भाग लेता है। आयन की सक्रियता a (mol/l) विलयन में उसकी मोलीय सान्द्रता C के साथ निम्न समीकरण द्वारा संबंधित होती है:

$$a=fC$$

यहाँ f आयन का सक्रियता गुणांक है।

आयनों के सक्रियता गुणांक विलयन की संरचना व सान्द्रता, आयन के आवेश और उसकी प्रवृति तथा कुछ अन्य बातों पर निर्भर करते हैं। तनु विलयनों ($C \leqslant 0.5 mol/l$) में आयन की प्रवृति उसके सक्रियता गुणांक पर बहुत कम प्रभाव डालती है। लगभग रूप में यह माना जा सकता है कि तनु विलयनों में दिये गये विलायक में आयन का सक्रियता गुणांक केवल उसके आवेश तथा विलयन I के आयनी बल पर निर्भर करता है जो प्रत्येक आयन की सान्द्रता C तथा उसके आवेश Z के वर्ग गुणनफल के योग के आधे के बराबर होता है:

$$I=0.5\,(C_1z_1^2+C_2z_2^2+\ldots+C_nz_n^2)=0.5\sum_{i=1}^{n}C_iz_i^2$$

परिशिष्ट की सारणी 7 में विभिन्न श्रायनी बलों पर विभिन्न श्रावेश वाले श्रायनों के सक्रियता गुणांकों के मान दिये गये हैं। तनु विलयन में किसी श्रायन का सक्रियता गुणांक का लगभग मान निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात किया जा सकता है:

$$\log f = -0.5z^2 \sqrt{I}$$

उदाहरण 1. $MgSO_4$ के 0.01mol/l तथा $MgCl_2$ के 0.01mol/l के विलयन में श्रायनों का श्रायनी बल तथा सक्रियता ज्ञात करें।

हल. विलयन का श्रायनी बल निम्न समीकरण द्वारा ज्ञात कर लेते हैं:

$$I = 0.5\,[C\,(Mg^{2+}) \times 2^2 + C\,(SO_4^{2-}) \times 2^2 + C\,(Cl^-) \times 1^2] =$$
$$= 0.5\,(0.02 \times 4 + 0.01 \times 4 + 0.02) = 0.07$$

श्रब हम निम्न सूत्र द्वारा Mg^{2+} श्रायन का सक्रियता गुणांक (तथा SO_4^{2-} श्रायन का सक्रियता गुणांक) ज्ञात कर लेते हैं:

$$\log f = 0.5z^2 \sqrt{1} = -0.5 \times 4 \sqrt{0.07} = -0.53 = \bar{1}.47$$

यहाँ $f = 0.30$

इसी प्रकार क्लोराइड श्रायन का सक्रियता गुणांक ज्ञात कर लेते हैं:

$$a_{Mg^{2+}} = 0.02 \times 0.30 = 0.006 \text{ mol/l};$$

$$a_{SO_4^{2-}} = 0.01 \times 0.30 = 0.003 \text{ mol/l};$$

$$a_{Cl^-} = 0.02 \times 0.74 = 0.0148 \text{ mol/l}$$

प्रश्न *

521. K_2SO_4 के 0.01M विलयन में K^+ तथा SO_4^{2-} श्रायनों की सक्रियता के लगभग मान का कलन करें।

---

* इस खंड के प्रश्नों को हल करते समय श्रावश्यकता पड़ने पर परिशिष्ट की सारणी 7 का प्रयोग किया जा सकता है, जहाँ श्रायनों के सक्रियता गुणांकों के मान दिये गये हैं।

522. $BaCl_2$ के 0.002N विलयन में Ba^{2+} व Cl^- आयनों की सक्रियता के लगभग मान का कलन करें।

523. H_2SO_4 के 0.0005M विलयन में HCl के 0.0005 mol/l भी उपस्थित हैं। विलयन में हाइड्रोजन आयन के सक्रियता गुणांक का लगभग मान बताइये। यह मान सकते हैं कि दोनों चरणों में सल्फ्यूरिक अम्ल पूर्णतया वियोजित हो जाता है।

524. $Ca(NO_3)_2$ के 0.01mol/l तथा $CaCl_2$ के 0.01mol/l के विलयन में आयनों के आयनी बल तथा सक्रियता का कलन करें।

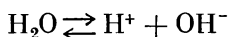
525. $BaCl_2$ 0.1% विलयन में आयनों के आयनी बल तथा सक्रियता का कलन करें। विलयन का घनत्व इकाई के बराबर मान सकते हैं।

526. HCl के 0.005 N विलयन में NaCl के 0.15 mol/l भी उपस्थित हैं। विलयन में हाइड्रोजन आयन की सक्रियता ज्ञात करें।

527. किसी विलयन का आयनी बल 0.0001 है। विलयन में आयनों Cl^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-} व $[Fe(CN)_6]^{4-}$ के सक्रियता गुणांकों के मान ज्ञात करें।

3. जल का आयनी गुणनफल. हाइड्रोजन का सूचक

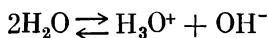
जल काफी दुर्बल विद्युत-अपघट्य होता है तथा बहुत कम मात्रा में वियोजित होता है। इसके वियोजन से हाइड्रोजन* तथा हाइड्रोक्साइड आयन बनते हैं:

$$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$$

निम्न वियोजन स्थिरांक इस प्रक्रिया के तदनुरूप हैं:

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$$

---

* हाइड्रोजन आयन विलयन में मुक्त अवस्था में नहीं रहते; वे हाइड्रोक्सनियम H_3O^+ आयन बनाते हैं। अत: जल के वियोजन की प्रक्रिया को निम्न रूप देना ज्यादा उचित रहेगा:

$$2H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$$

चूंकि जल के वियोजन की डिग्री बहुत ही कम होती है, तो अवियोजित जलीय अणुओं $[H_2O]$ की संतुलन सान्द्रता जल की कुल सान्द्रता के बराबर अर्थात्

$$1000 : 18 = 55.55 \text{ mol/l}$$

होती है। तनु जलीय विलयनों में जल की सान्द्रता बहुत कम परिवर्तित होती है तथा इसे स्थिरांक माना जा सकता है। अत: जल के वियोजन स्थिरांक को निम्न प्रकार से व्यक्त कर सकते हैं:

$$[H^+][OH^-] = K[H_2O] = K_w$$

यहाँ स्थिरांक Kw H^+ व OH^- आयनों की सान्द्रताओं के गुणनफल के बराबर है तथा नियत ताप पर एक स्थिर मात्रा है। इसे जल का आयनी गुणनफल * कहते हैं।

शुद्ध जल में हाइड्रोजन आयनों व हाइड्रोक्साइड आयनों की सान्द्रताएं समान होती हैं तथा 25°C पर वे 10^{-7} mol/l के बराबर होती हैं। इसका मतलब यह होता है कि इस ताप पर

$$K_w = 10^{-14}$$

चूंकि जल का वियोजन एक ऊष्माशोषी प्रक्रिया है, अत: ताप की वृद्धि के साथ-साथ यह तीव्र होती जाती है तथा K_w का मान बढ़ता जाता है। विभिन्न तापमानों पर K_w तथा pK_w (जल के आयनी गुणनफल का लघुगणक) के मान नीचे दिये गये हैं:

t°, C	10	18	25	37	50	60	80	100
$K_w \times 10^{14}$	0.29	0.57	1.00	2.47	5.47	9.61	25.1	55.0
pK_w	14.54	14.24	14.00	13.61	13.26	13.02	12.60	12.26

---

* अगर सही कहा जाये तो यह आयनों H^+ व OH^- की सक्रियताओं का गुणनफल है जो स्थिर रहता है:

$$K_w = \alpha(H^+) + \alpha(OH^-)$$

न कि उनका सान्द्रताओं का गुणनफल। तनु विलयनों के लिये, जिनके लिये सक्रियता गुणांक इकाई के समीप होते हैं, लगभग कलनों में इस अंतर की उपेक्षा की जा सकती है।

जिन विलयनों में हाइड्रोजन आयनों तथा हाइड्रोक्साइड आयनों की सान्द्रताएं समान होती हैं, उन्हें उदासीन विलयन कहते हैं। उदाहरण के लिये, 25°C पर एक उदासीन विलयन में $[H^+]=[OH^-]$ $=10^{-7}$mol/l अम्लीय विलयनों में, $[H^+]>[OH^-]$, क्षारीय विलयनों में $[H^+]<[OH^-]$।

$[H^+]$ तथा $[OH^-]$ आयनों की सान्द्रताओं की जगह उनके लघुगणक विपरीत चिन्ह के साथ प्रयुक्त करना ज्यादा सुविधाजनक रहता है; ये मात्राएं चिन्हों pH व pOH द्वारा लिखी जाती हैं तथा दो चिन्ह इनके नाम भी व्यक्त करते हैं:

$$pH = -\log[H^+]; \quad pOH = -\log[OH^-]$$

समीकरण

$$[H^+]+[OH^-]=K_w$$

का लघुगणक निकाल कर तथा चिन्ह पलट कर हमें निम्न समीकरण प्राप्त होता है:

$$pH + pOH = pK_w$$

25°C पर

$$pH + pOH = 14$$

इस तापमान पर उदासीन विलयनों में pH=7, अम्लीय विलयनों में pH<7 तथा क्षारीय विलयनों में pH>7।

उदाहरण 1. किसी विलयन में हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता 4×10^{-3}mol/l है। विलयन का pH ज्ञात करें।

हल. लघुगणक का मान 0.01 लेने पर हमें निम्न परिणाम प्राप्त होता है:

$$pH = -\log(4\times10^{-3}) = -\bar{3}.60 = -(-3+0.60) = 2.40$$

उदाहरण 2. किसी विलयन का pH 4.60 है। उसमें हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता ज्ञात करें।

हल. उदाहरण के आंकड़ों के अनुसार

$$-\log[H^+] = 4.60$$

अतः $$\log[H^+] = -4.60 = \bar{5}.40$$

पुस्तक के अंत में लघुगणकों की सारणी के प्रयोग से हमें निम्न परिणाम मिलता है :

$$[H^+] \approx 2.5 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$$

उदाहरण 3. किसी विलयन का pH 10.80 है। उसमें हाइड्रोक्साइड आयन की सान्द्रता ज्ञात करें।

हल.

$$pH + pOH = 14$$

से हमें निम्न समीकरण प्राप्त होता है :

$$pOH = 14 - pH = 14 - 10.80 = 3.20$$

अत : $$-\log[OH^-] = 3.20$$

या $$\log[OH^-] = -3.20 = \bar{4}.80$$

लघुगणक के इस मान के लिये हमें निम्न परिणाम प्राप्त होता है :

$$[OH^-] = 6.31 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$$

उदाहरण 4. कार्बोनिक अम्ल के 0.01M विलयन में HCO_3^- व CO_3^{2-} की सान्द्रताएं ज्ञात करें, अगर विलयन का pH 4.18 है।

हल. हम विलयन में हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता ज्ञात करते हैं :

$$-\log[H^+] = 418; \qquad \log[H^+] = -4.18 = \bar{5}.82$$

यहाँ $$[H^+] = 6.61 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$$

अब परिशिष्ट की सारणी 6 के आंकड़ों की सहायता से हम कार्बोनिक अम्ल के प्रथम चरणी वियोजन स्थिरांक व्यक्त कर सकते हैं :

$$K_1 = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = 4.45 \times 10^{-7}$$

$[H^+]$ तथा $[H_2CO_3]$ के मान भरने पर हमें निम्न परिणाम प्राप्त होता है :

$$[HCO_3^-] = \frac{4.45 \times 10^{-7} \times 10^{-2}}{6.61 \times 10^{-5}} = 6.73 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$$

इसी प्रकार H_2CO_3 के द्वितीय चरणी वियोजन स्थिरांक को व्यक्त किया जा सकता है :

$$K_2 = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = 4.69 \times 10^{-11}$$

और $[CO_3^{2-}]$ का मान ज्ञात किया जा सकता है :

$$[CO_3^{2-}] = \frac{4.69 \times 10^{-11} \times 6.73 \times 10^{-5}}{6.61 \times 10^{-5}} = 4.8 \times 10^{-11} \text{ mol/l}$$

विलयन में $[H^+]$ आयनों की अवस्था व्यक्त करने के लिये अधिक शुद्ध कलनों की आवश्यकता पड़ने पर pH की जगह $pa[H^+]$ को परिकलित करना चाहिये जो विलयन में हाइड्रोजन आयनों की सक्रियता के ऋणात्मक लघुगणक के बराबर होता है :

$$pa\,(H^+) = -\log a\,(H^+) = -\log[f\,(H^+)\,C'(H^+)]$$

उदाहरण 5. HCl के 2.5×10^{-3} M विलयन में KCl को 2.5×10^{-3}mol/l भी उपस्थित हैं। विलयन में हाइड्रोजन आयनों की सक्रियता तथा pH ज्ञात करें।

हल. एकल आवेशित आयनों वाले विद्युत-अपघट्यों के लिये आयनी बल का मान सांख्यिक रूप से विलयन की कुल सान्द्रता के बराबर होता है ; उक्त उदाहरण में

$$I = 2.5 \times 10^{-3} + 2.5 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-3}$$

इस आयनी बल पर एकल आवेशित आयन का सक्रियता गुणांक 0.95 होता है (परिशिष्ट की सारणी 7 देखें)। अत :

$$a\,(H^+) = 0.95 \times 2.5 \times 10^{-3} = 2.38 \times 10^{-3}$$

अब हम $pa(H^+)$ का मान ज्ञात कर लेते हैं :

$$pa\,(H^+) = -\log a\,(H^+) = -\log(2.38 \times 10^{-3}) =$$

$$= -\overline{3}.38 = \overline{2}.62$$

प्रश्न *

528. उन जलीय विलयनों में आयनों H^+ की मोलीय सान्द्रता ज्ञात करें जिनमें हाइड्रोजन आयनों की सान्द्रता mol/l में (a) 10^{-4} (b) 3.2×10^{-6} व (c) 7.4×10^{-11} है।

529. उन विलयनों में हाइड्रोक्साइड आयनों की सान्द्रता ज्ञात करें, जिनमें हाइड्रोजन आयनों की सान्द्रता (mol/l में) (a) 10^{-3}, (b) 6.5×10^{-8} तथा (c) 1.4×10^{-12} है।

530. उन विलयनों का pH ज्ञात करें जिनमें हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता (mol/l में) (a) 2×10^{-7} (b) 8.1×10^{-3} तथा (c) 2.7×10^{-10}

531. उन विलयनों का pH ज्ञात करें जिनमें हाइड्रोक्साइड आयनों की सान्द्रता (mol/l में) (a) 4.6×10^{-4}, (b) 5×10^{-6} तथा (c) 9.3×10^{-9} है।

532. ऐसीटिक अम्ल के 0.01 N विलयन में अम्ल के वियोजन की डिग्री 0.042 है। ऐसीटिक अम्ल का pH परिकलित करें।

533. 1 लीटर विलयन में 0.1 g NaOH उपस्थित है। विलयन का pH ज्ञात करें। क्षार का वियोजन पूर्ण मान सकते हैं।

534. रुधिर (pH=7.36) में हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता मेरू तरल (pH=7.53) में हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता से कितने गुना अधिक होती है?

535. उस विलयन के लिये $[H^+]$ व $[OH^-]$ ज्ञात करें जिसका pH 6.2 है।

536. दुर्बल विद्युत-अपघट्य के निम्न विलयनों का pH ज्ञात करें : (a) 0.02 M NH_4OH, (b) 0.1M HCN, (c) 0.05 N HCOOH तथा (d) 0.01 M CH_3COOH।

---

* इस खंड के प्रश्न हल करते समय आवश्यकता पड़ने पर परिशिष्ट की सारणी 6 व 7 प्रयोग की जा सकती हैं। अगर और कुछ नहीं लिखा गया है तो विलयनों का ताप 20—25°C मान सकते हैं जिससे K_w 10^{-14} के बराबर लिया जा सके।

537. ऐसीटिक अम्ल विलयन का pH 5.2 है। विलयन की सान्द्रता ज्ञात करें।

538. $f(OH^-) = 0.8$ मान कर NaOH के 0.2 N विलयन के लिये $a(OH^-)$ तथा $pa(OH^-)$ के मान ज्ञात करें।

539. HCl के 0.005N विलयन में 0.015 mol/l NaCl भी उपस्थित है। परिशिष्ट की सारणी 7 के आंकड़ों के आधार पर विलयन के लिये $pa(H^+)$ का मान ज्ञात करें।

540. 0.2 N विलयन में किसी क्षीण एकभस्मीय अम्ल के वियोजन की डिग्री 0.03 है। इस विलयन के लिये $[H^+]$, $[OH^-]$ तथा pOH के मान ज्ञात करें।

541. 25 ml 0.5 *M* HCl विलयन, 10ml 0.5 *M* NaOH विलयन तथा 15ml जल को मिलाकर बने विलयन का pH ज्ञात करें। आयनों के सक्रियता गुणांक इकाई के बराबर मान सकते हैं।

542. ऐसीटिक अम्ल के 0.1 N विलयन में 0.1 mol/l CH_3COONa भी उपस्थित है। विलयन का pH ज्ञात करें। आयनों के सक्रियता गुणांक इकाई के बराबर मान सकते हैं।

543. अगर (a) HCl के 0.2 *M* विलयन (b) CH_3COOH के 0.2 *M* विलयन (c) 0.1 mol/l CH_3COOH तथा 0.1mol/l CH_3COONa के विलयन में जल की मात्रा दुगुनी कर दें तो pH में क्या परिवर्तन आयेगा ?

अपना ज्ञान परखिये

544. अम्लों की निम्न श्रेणियों में से कौनसी श्रेणी उसी मोलीय सान्द्रता वाले विलयनों में pH की वृद्धि के तदनुरूप है ?

(a) HCN, HF, HOCl, HCOOH, $CH_2ClCOOH$;

(b) HNO_3, HNO_2, CH_3COOH, HCN;

(c) HCl, $CH_2ClCOOH$, HF, H_3BO_3.

545. किसी एकभस्मीय अम्ल के 0.01 N विलयन का pH चार है। अम्ल की शक्ति के बारे में कौनसी बात ठीक है ? (a) अम्ल दुर्बल है ; (b) अम्ल प्रबल है।

546. HCN के 0.2 N विलयन की अम्लता किस प्रकार परिवर्तित

होगी, अगर उसमें 0.5 mol/l पोटेशियम सायनाइड (KCN) मिलाया जाये? (a) अम्लता बढ़ जायेगी; (b) अम्लता घट जायेगी; (c) इसमें कोई परिवर्तन नहीं आयेगा।

547. किसी विलयन के pH में इकाई की वृद्धि लाने के लिये विलयन में हाइड्रोजन आयनों की सान्द्रता किस प्रकार परिवर्तित की जानी चाहिये?
(a) इसे 10 गुना बढ़ा देना चाहिये; (b) इसमें 1 mol/l की वृद्धि ले आनी चाहिये; (c) यह आंरभिक मान का 1/10 कर दी जानी चाहिये; (d) इसमें 1 mol/l की कमी ले आनी चाहिये।

548. किसी विलयन का pH 13 है। उसके 1 ml में कितने हाइड्रोजन आयन उपस्थित हैं?

(a) 10^{13}; (b) 60.2×10^{13}; (c) 6.02×10^{7};
(d) 6.02×10^{10}।

549. जल का pH किस प्रकार परिवर्तित होगा, अगर 10 लीटर जल में NaOH के 10^{-2} mol मिलाते हैं?
(a) इसमें 2 की वृद्धि आ जायेगी; (b) इसमें 3 की वृद्धि आ जायेगी; (c) इसमें 4 की कमी आ जायेगी।

550. 50°C पर किसी उदासीन विलयन का pH कितना है?
(a) 5.5; (b) 6.6; (c) 7.0.

4. विलेयता गुणनफल

कम विलयशील प्रबल विद्युत-अपघट्य के संतृप्त विलयन में संतुलन विद्युत-अपघट्य के अवक्षेप (ठोस प्रावस्था) तथा विलयन में उसके आयनों के बीच बनता है, उदाहरण के लिये:

$$\underset{\text{अवक्षेप में}}{BaSO_4} \rightleftarrows \underset{\text{विलयन में}}{Ba^{2} + SO_4^{2-}}$$

चूंकि विद्युत-अपघट्य के विलयनों में आयनों की अवस्था उनकी सक्रियताओं द्वारा निश्चित की जाती है, अंतिम प्रक्रिया का संतुलन-स्थिरांक संतुलन-स्थिरांक निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त किया जाता है:

$$K = \frac{a\,(Ba^{2+})\,a\,(SO_4^{2-})}{a\,(BaSO_4)}$$

इस भिन्न का हर अर्थात ठोस बेरियन सल्फेट की सक्रियता एक स्थिर मान है। अत: दिये गये ताप पर गुणनफल Ka $(BaSO_4)$ भी स्थिरांक है। इसका मतलब यह हुआ कि Ba^{2+} तथा SO_4^{2-} आयनों की सक्रियताओं का गुणनफल भी एक स्थिर मान है। अंतिम को विलेयता गुणनफल कहते हैं तथा $K_{\text{वि० गु०}}$ अक्षरों द्वारा लिखते हैं:

$$a\,(Ba^{2+})\,a\,(SO_4^{2-}) = K_{\text{वि० गु०}}\,(BaSO_4)$$

कम विलीन होने वाले विद्युत-अपघट्य के संतृप्त विलयन में आयनों की सान्द्रताओं का गुणनफल नियत ताप पर एक स्थिर मान होता है।

अगर विद्युत-अपघट्य बहुत ही कम विलयशील है, तो संतृप्त विलयन का आयनी बल शून्य के समीप होता है तथा आयनों के सक्रियता गुणांक इकाई से ज्यादा अंतर नहीं रखते। इन स्थितियों में $K_{\text{वि० गु०}}$ व्यक्त करने के लिये आयनों की सक्रियताओं के गुणनफल की जगह उनकी सान्द्रताओं का गुणनफल लिया जा सकता है। $BaSO_4$ का आयनी बल 10^{-5} होता है तथा इस यौगिक का विलेयता गुणनफल निम्न प्रकार से लिखा जा सकता है:

$$K_{\text{वि० गु०}}\,(BaSO_4) = [Ba^{2+}]\,[SO_4^{2-}]$$

नीचे दिये उदाहरणों और प्रश्नों में अगर कुछ और नहीं कहा गया है, तो आयनों के सक्रियता गुणांकों और इकाई में फर्क की उपेक्षा की जायेगी तथा विलेयता गुणनफल संगत आयनों की सान्द्रताओं द्वारा व्यक्त किया जायेगा।

अगर किसी विद्युत-अपघट्य का अणु वियोजित होने पर दो या अधिक सदृश आयन बनाता है, तो $K_{\text{वि० गु०}}$ व्यक्त करने के

लिये इन श्रायनों की सान्द्रताश्रों (सक्रियताश्रों) पर संगत घातें लगानी चाहियें, उदाहरणतया

$$K_{\text{वि०गु०}} (CaF_2) = [Ca^{2+}] [F^-]^2$$

$$K_{\text{वि०गु०}} [Ca_3(PO_4)_2] = [Ca^{2+}][PO_4^{3-}]^2$$

जब विद्युत-अ्रपघट्य के संतृप्त विलयन में किसी श्रायन की सान्द्रता बढ़ायी जाती है (उदाहरण के लिये, उसी श्रायन वाले दूसरे विद्युत-अ्रपघट्य को मिला कर), तो विद्युत-अ्रपघट्य के श्रायनों की सान्द्रताश्रों का गुणनफल $K_{\text{वि० गु०}}$ से ज्यादा हो जाता है। इस स्थिति में ठोस प्रावस्था तथा विलयन के बीच संतुलन श्रवक्षेप बनने की दिशा में स्थानान्तरित हो जाता है। श्रत: श्रवक्षेप बनने की शर्त यह है कि कम विलयशील विद्युत-अ्रपघट्य के श्रायनों की सान्द्रताश्रों का गुणनफल उसके विलेयता गुणनफल के मुकाबले श्रधिक होना चाहिये। श्रवक्षेप बनने के परिणामस्वरूप विद्युत-अ्रपघट्य में दूसरे श्रायन की सान्द्रता भी बदल जाती है। श्रब एक नया संतुलन बनता है जिस पर विद्युत-अ्रपघट्य के श्रायनों की सान्द्रताश्रों का गुणनफल फिर से $K_{\text{वि० गु०}}$ के बराबर हो जाता है।

इसके विपरीत श्रगर संतृप्त विद्युत-अ्रपघट्य विलयन में किसी श्रायन की सान्द्रता घटा दी जाती है (उदाहरणतया, दूसरे श्रायन के साथ मिलाकर) तो श्रायनों की सान्द्रताश्रों का गुणनफल $K_{\text{वि० गु०}}$ मान से कम होगा, विलयन श्रसंतृप्त हो जायेगा तथा द्रव प्रावस्था श्रौर श्रवक्षेप के बीच संतुलन श्रवक्षेप के विलीन होने की दिशा में स्थानान्तरित हो जायेगा। श्रत: कम विलयशील विद्युत-अ्रपघट्य का श्रवक्षेप तब विलीन होता है, जब उसके श्रायनों की सान्द्रताश्रों का गुणनफल $K_{\text{वि० गु०}}$ के मान से कम होता है।

जल में कम विलयशील विद्युत-अ्रपघट्यों तथा श्रन्य विद्युत-अ्रपघट्यों के विलयनों की विलेयता का परिकलन करने के लिये हम $K_{\text{वि० गु०}}$

के मान प्रयोग कर सकते हैं। विभिन्न विद्युत-अपघट्यों के लिये $K_{वि॰ गु॰}$ के मान परिशिष्ट की सारणी 8 में दिये गये हैं।

उदाहरण 1. 18°C पर मैग्नीशियम हाइड्रोक्साइड $Mg(OH)_2$ की विलेयता 1.7×10^{-4}mol/l है। इस ताप पर $Mg(OH)_2$ का विलेयता गुणनफल ज्ञात करें।

हल. $Mg(OH)_2$ के प्रत्येक मोल के विलीन होने पर Mg^{2+} आयनों का एक मोल तथा इस संख्या के दोगुने OH^- आयन विलयन में प्रवेश कर जाते हैं। अत: $Mg(OH)_2$ के संतृप्त विलयन में

$$[Mg^{2+}] = 1.7 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$$
$$[OH^-] = 3.4 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$$

अत :

$$K_{वि॰गु॰} [Mg(OH)_2] = [Mg^{2+}][OH^-]^2 =$$
$$= 1.7 \times 10^{-4} (3.4 \times 10^{-4})^2 = 1.96 \times 10^{-11}$$

उदाहरण 2. 20°C पर लेड आयोडाइड का विलेयता गुणनफल 8×10^{-9} है। इस ताप पर लवण की विलेयता (mol/l तथा g/l में) ज्ञात करें।

हल. हम अज्ञात विलेयता को S (mol/l) मान लेते हैं। अत : $P\ Ir_2$ के संतृप्त विलयन में Pb^{2+} आयनों के s mol/l तथा I^- आयनों के 2s mol/l उपस्थित होंगे।

अर्थात

$$K_{वि॰गु॰} (PbI_2) = [Pb^{2+}][I^-]^2 = s(2s)^2 = 4s^3$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{K_{वि॰गु॰}(PbI_2)}{4}} = \sqrt[3]{\frac{8 \times 10^{-9}}{4}} = 1.3 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

चूंकि PbI_2 का मोलीय द्रव्यमान 461 g/mol है, तो PbI_2 की विलेयता g/l में $1.3 \times 10^{-3} \times 461$ अर्थात 0.6g/l हुई।

उदाहरण 3. अमोनियम आक्सेलेट $(NH_4)_2C_2O_4$ के 0.1M

विलयन में कैल्सियम आक्सेलेट CaC_2O_4 की विलेयता जल में इसकी विलेयता की तुलना में कितनी बार कम होती है? अमोनियम आक्सेलेट का आयनी वियोजन पूर्ण मान सकते हैं।

हल. सबसे पहले हम कैल्सियम आक्सेलेट की जल में विलेयता का कलन करते हैं। संतृप्त विलयन में लवण की सान्द्रता s (mol/l) मान कर हम निम्न समीकरण लिख सकते हैं:

$$K_{\text{वि०गु०}}(CaC_2O_4) = [Ca^{2+}][C_2O_4^{2-}] = s^2$$

परिशिष्ट की सारणी 8 से $K_{\text{वि० गु०}}$ (CaC_2O_4) का मान भरने पर हमें निम्न परिणाम प्राप्त होता है:

$$s = \sqrt{K_{\text{वि०गु०}}(CaC_2O_4)} = \sqrt{2 \times 10^{-9}} = 4.5 \times 10^{-5} \text{ mol/l}$$

अब हम इसी लवण की $0.1M\ (NH_4)_2C_2O_4$ विलयन में विलेयता ज्ञात करते हैं; हम इसे s′ मान लेते हैं। संतृप्त विलयन में Ca^{2+} आयनों की सान्द्रता भी s′ होगी; जबकि $C_2O_4^{2-}$ आयनों की सान्द्रता $(0.1 + s')$ होगी। चूंकि $s' < 0.1$, अत: 0.1 की तुलना में s′ की उपेक्षा की जा सकती है और हम यह मान सकते हैं कि

$$[C_2O_4^{2-}] = 0.1 \text{ mol/l}$$

अब हम निम्न समीकरण लिख सकते हैं:

$$K_{\text{वि०गु०}}[CaC_2O_4] = 2 \times 10^{-9} = s' \times 0.1$$

$$\text{और}\quad s' = \frac{2 \times 10^{-9}}{0.1} = 2 \times 10^{-8} \text{ mol/l}$$

इसका मतलब यह हुआ कि अमोनियम आक्सेलेट की उपस्थिति में CaC_2O_4 की विलेयता

$$\frac{4.5 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-8}}$$

गुना कम हो जाती है।
अर्थात् इसके आंरभिक मान का 1/2200 हो जाती है।

उदाहरण 4. कैल्सियम क्लोराइड तथा सोडियम सल्फेट के 0.02N विलयन समान आयतनों में मिलाये गये। क्या कैल्सियम सल्फेट का अवक्षेप प्राप्त होगा?

हल. हम Ca^{2+} तथा SO_4^{2-} आयनों की सान्द्रताओं का गुणनफल ज्ञात करके इसकी कैल्सियन सल्फेट के विलेयता गुणनफल के साथ तुलना करते हैं। $CaCl_2$ तथा Na_2SO_4 विलयनों की आरंभिक मोलीय सान्द्रताएं समान हैं तथा 0.01mol/l के बराबर हैं। आरंभिक विलयन मिलाये जाने पर विलयन का कुल आयतन दुगुना हो जायेगा अर्थात् आयनों $[Ca^{2+}]$ व $[SO_4^{2-}]$ की सान्द्रताएं आरंभिक सान्द्रताओं की तुलना में आधी होंगी। अत:

$$[Ca^{2+}] = [SO_4^{2-}] = 0.005 = 5 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$$

अब हम आयनी सान्द्रताओं का गुणनफल ज्ञात करते हैं:

$$[Ca^{2+}][SO_4^{2-}] = (5 \times 10^{-3})^2 = 2.5 \times 10^{-5}$$

परिशिष्ट की सारणी 8 में $K_{\text{वि० गु०}}$ $(CaSO_4)$ का मान 1.3×10^{-4} दिया गया है। आयनी सान्द्रताओं के गुणनफल का मान इस मान से कम है। अत: विलयन संतृप्त नहीं होगा और कैल्सियम अवक्षेप प्राप्त नहीं होगा।

कम विलयशील विद्युत-अपघट्य के संतृप्त विलयन में अगर कुछ और विद्युत-अपघट्य उपस्थित हैं, तो विलयन का आयनी बल काफी महत्वपूर्ण सिद्ध हो सकता है। इन स्थितियों में विलेयता गुणनफल का कलन करते समय सक्रियता गुणांकों का प्रयोग करना चाहिये।

उदाहरण 5. कैल्सियम आक्सेलेट CaC_2O_4 का विलेयता गुणनफल 2×10^{-9} है। 0.1*M* अमोनियम आक्सेलेट $(NH_4)_2C_2O_4$ विलयन में लवण की विलेयता ज्ञात करें।

हल. हम CaC_2O_4 का विलेयता गुणनफल इसके आयनों की सक्रियता द्वारा व्यक्त करते है:

$$K_{\text{वि०गु०}}(CaC_2O_4) = a\,(Ca^{2+})\,a\,(C_2O_4^{2-}) =$$

$$= [Ca^{2+}][C_2O_4^{2-}]\,f\,(Ca^{2+})\,f\,(C_2O_4^{2-})$$

लवण की विलेयता s मान कर हमें निम्न समीकरण प्राप्त होते हैं :

$$[Ca^{2+}] = s \ mol/l$$

तथा

$$[C_2O_4^{2-}] = 0.1 \ mol/l$$

अत :

$$2 \times 10^{-9} = 0.1 s f(Ca^{2+}) f(C_2O_4^{2-})$$

अर्थात् $$s = \frac{2 \times 10^{-8}}{f(Ca^{2+}) f(C_2O_4^{2-})}$$

सक्रियता गुणांकों के मान ज्ञात करने के लिये हमें $(NH_4)_2C_2O_4$ के 0.1*M* विलयन का आयनी बल ज्ञात करना चाहिये :

$$I = 0.5 (0.2 \times 1^2 + 0.1 \times 2^2) = 0.3$$

परिशिष्ट की सारणी 7 के अनुसार इस आयनी बल दुगुने आवेशित आयनों के सक्रियता गुणांक 0.42 होते हैं। अत :

$$s = \frac{2 \times 10^{-8}}{0.42 \times 0.42} = 1.1 \times 10^{-7} \ mol/l$$

प्राप्त मान के लगभग कलन के परिणामों के साथ तुलना करने पर हम देखते हैं कि सक्रियता गुणांकों की उपेक्षा करने से त्रुटिपूर्ण परिणाम प्राप्त होते हैं।

प्रश्न *

551. 35°C पर $CaCO_3$ की विलेयता 6.9×10^{-5}mol/l है। इस लवण के विलेयता गुणनफल का कलन करें।

552. 25°C पर $PbBr_2$ का विलेयता गुणनफल ज्ञात करें, अगर इस ताप पर लवण की विलेयता 1.32×10^{-2}mol/l है।

---

* इस खंड के प्रश्नों को हल करते समय आवश्यकता पड़ने पर परिशिष्ट की 7 व 8 सारणियों का प्रयोग किया जा सकता है।

553. Ag_2CrO_4 का विलेयता गुणनफल ज्ञात करें, अगर 18°C पर 0.0166g लवण 500ml जल में विलीन हो जाता है।

554. 1.16g PbI_2 विलीन करने के लिये दो लीटर जल की जरूरत पड़ी। लवण का विलेयता गुणनफल ज्ञात करें।

555. कैल्सियम कार्बोनेट के विलेयता गुणनफल के आधार पर 100ml संतृप्त विलयन में $CaCO_3$ का द्रव्यमान ज्ञात करें।

556. 1 लीटर संतृप्त AgBr विलयन में आयनों के रूप में उपस्थित रजत का द्रव्यमान ज्ञात करें।

557. 1g $BaSO_4$ को 25°C पर विलीन करने के लिये कितने जल की जरूरत पड़ेगी ?

558. Ag_2S के संतृप्त विलयन के किस आयतन में 1mg विलीन लवण उपस्थित होगा ?

559. 25°C पर $Fe(OH)_2$ की जल में विलेयता (mol/l में) $Fe(OH)_3$ की विलेयता से कितने गुना अधिक होती है ?

560. अगर H_2SO_4 का 1N विलयन और $AgNO_3$ का 0.02M विलयन समान आयतनों में मिलाया जाये, तो सिल्वर सल्फेट का अवक्षेप प्राप्त होगा या नही ?

561. अगर 4 50ml 0.001N $AgNO_3$ विलयन 50ml 0.001N HCl विलयन में मिलाया जाये, तो सिल्वर क्लोराइड का अवक्षेप प्राप्त होगा या नहीं ?

562. आगर 0.4N NaCl विलयन और 0.1N $Pb(NO_3)_2$ विलयन समान आयतनों में मिलाया जाये, तो लेड क्लोराइड अवक्षेप प्राप्त होगा या नहीं ?

563. AgCl के संतृप्त विलयन में सिल्वर आयनों की सान्द्रता कितना गुना कम होगी, अगर इसमें इतना हाइड्रोक्लोरिक अम्ल मिलाया जाये, कि विलयन में Cl^- अयनों की सान्द्रता 0.03mol/l हो जाये ?

564. CaF_2 (mol/l) की जल में तथा 0.05M $CaCl_2$ विलयन में विलेयता ज्ञात करें। पहली विलेयता दूसरी विलेयता से कितने गुना अधिक है ?

565. 0.001N NaCl विलयन में AgCl की विलेयता जल

में इसकी विलेयता मे कितने गुना कम है? कलन करते समय सक्रियता गुणांकों तथा परिशिष्ट की सारणी 7 का प्रयोग करें।

अपना ज्ञान परखिये

566. निम्न में से विद्युत-अपघट्य MX का विलयन कब असंतृप्त है?

(a) $[M^{z+}][X^{z-}] < K_{वि०गु०}$;

(b) $[M^{z+}][X^{z-}] = K_{वि०गु०}$;

(c) $[M^{z+}][X^{z-}] > K_{वि०गु०}$।

567. मान लेते हैं कि AgCl की जल, $0.01M CaCl_2$, 0.01M NaCl तथा $0.05M AgNO_3$ में विलेयता क्रमश: s_0, s_1f s_2 व s_3 है। इन मानों के बीच कौनसा संबंध ठीक है?

(a) $s_0 > s_1 > s_2 > s_3$;
(b) $s_0 > s_2 > s_1 > s_3$;
(c) $s_0 > s_1 = s_2 > s_3$; d) $s_0 > s_2 > s_3 > s_1$।

568. 0.01mol/l $CaCl_2$ तथा 0.1mol/l $SrCl_2$ का विलयन धीरे धीरे $0.01N H_2SO_4$ विलयन में मिलाया जाता है। कौनसा पदार्थ पहले अवक्षेपित होगा?
(a) $SrSO_4$; (b) $CaSO_4$।

569. NiC_2O_4 व Na_3AlF_6 के विलेयता गुणनफल समान हैं (4×10^{-10})। इन लवणों की विलेयताओं (mol/l) के बीच कौनसा संबंध ठीक है?

(a) $s(NiC_2O_4) > s(Na_2AlF_6)$;
(b) $s(NiC_2O_4) = s(Na_3AlF_6)$;
(c) $s(NiC_2O_4) > s(Na_3AlF_6)$।

570. $AgBrO_3$ तथा Ag_2SO_4 के विलेयता गुणनफल क्रमश:

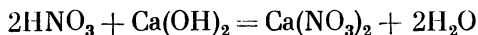
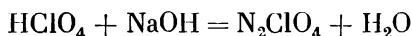
5.5×10^{-5} व (2×10^{-5}) हैं। इन लवणों की विलेयताओं s, mol/l के बीच ठीक संबंध बताइये।

(a) $s(AgBrO_3) < s(Ag_2SO_4)$;
(b) $s(AgBrO_3) \approx s(Ag_2SO_4)$;
(c) $s(AgBrO_3) > s(Ag_2SO_4)$।

571. 0.1M KNO_3 विलयन में CaF_2 की विलेयता जल में इसकी विलेयता के मुकाबले किस प्रकार परिवर्तित होगी?
(a) यह बढ़ जायेगी ;
(b) यह घट जायेगी ;
(c) इसमें कोई परिवर्तन नहीं आयेगा।

5. विद्युत अपघट्य विलयनों में विनिमय अभिक्रियाएं. लवणों का जलापघटन

दुर्बल विद्युत-अपघट्यों के अवियोजित अणुओं, ठोस पदार्थों तथा गैसों के साथ-साथ विलयन में उपस्थित आयन भी विद्युत-अपघट्यों के विलयनों में घटने वाली विनियम अभिक्रियाओं में भाग लेते हैं। इसी कारण इन अभिक्रियाओं को पूर्णतया व्यक्त करने के लिये इन्हें आयनी समीकरणों के रूप में लिखना आवश्यक होता है। इन समीकरणों में दुर्बल विद्युत-अपघट्य, कम विलयशील यौगिक तथा गैसें आण्विक रूप में तथा प्रबल विद्युत-अपघट्य उनके संघटक आयनों के रूप में लिखे जाते हैं। उदाहरण के लिये, प्रबल भस्मों द्वारा प्रबल अम्लों का उदासीन करने के समीकरण

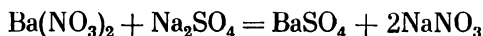
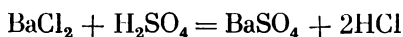
$$HClO_4 + NaOH = N_2ClO_4 + H_2O$$
$$2HNO_3 + Ca(OH)_2 = Ca(NO_3)_2 + 2H_2O$$

एक ही आयनी आण्विक समीकरण द्वारा व्यक्त किये जाते हैं :

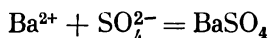
$$H^+ + OH^- = H_2O$$

जिससे यह निष्कर्ष निकलता है कि इन अभिक्रियाओं के

परिणामस्वरूप हाइड्रोजन ग्रायनों तथा हाइड्रोक्साइड ग्रायनों से एक दुर्बल वियोजित विद्युत-ग्रपघट्य (जल) बनता हैं।

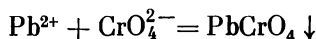
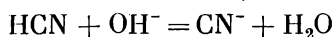
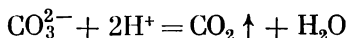
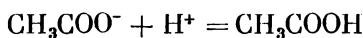
इसी प्रकार ग्रभिक्रियाग्रों के समीकरण

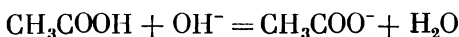
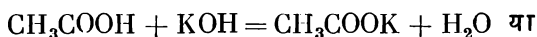
$$BaCl_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + 2HCl$$
$$Ba(NO_3)_2 + Na_2SO_4 = BaSO_4 + 2NaNO_3$$

Ba^{2+} तथा SO_4^{2-} ग्रायनों से कम विलयशील विद्युत-ग्रपघट्य के ग्रवक्षेप – बेरियम सल्फेट – के बनने की ग्रभिक्रिया व्यक्त करते हैं:

$$Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4$$

उक्त उदाहरण यह बताते हैं कि विद्युत-ग्रपघट्यों के विलयनों में विनियम ग्रभिक्रियाएं ग्रायनों के संयोजन की दिशा में घटती हैं जिसके फलस्वरूप कम विलयशील पदार्थ (ग्रवक्षेप या गैस) या दुर्बल विद्युत-ग्रपघट्यों के ग्रणु बनते हैं।

उदाहरण 1. निम्न पदार्थों के बीच ग्रभिक्रियाग्रों के समीकरण ग्रायनी-ग्राण्विक रूप में लिखें: CH_3COONa व H_2SO_4 ; Na_2CO_3 व HNO_3; HCN व $Ca(OH)_2$; $Pb(NO_3)_2$ व K_2CrO_4

हल. चूंकि CH_3COOH, HCN तथा H_2O दुर्बल विद्युत ग्रपघट्य हैं तथा CO_2 व $PbCrO_4$ जल में कम विलयशील हैं, तो ग्रावश्यक समीकरण निम्न होंगे:

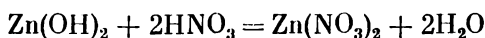
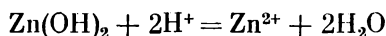
$$CH_3COO^- + H^+ = CH_3COOH$$
$$CO_3^{2-} + 2H^+ = CO_2\uparrow + H_2O$$
$$HCN + OH^- = CN^- + H_2O$$
$$Pb^{2+} + CrO_4^{2-} = PbCrO_4\downarrow$$

जब ग्रभिकारक तथा उत्पाद – दोनों में ही कम विलयशील पदार्थ (या दुर्बल विद्युत-ग्रपघट्य) उपस्थित हैं, तब संतुलन ग्रल्पतम विलयशील या ग्रल्पतम वियोजित पदार्थों के बनने की दिशा में स्थानान्तरित हो जाता है। उदाहरण के लिये, प्रबल भस्म द्वारा दुर्बल ग्रम्ल के उदासीनीकरण में

$$CH_3COOH + KOH = CH_3COOK + H_2O \text{ या}$$
$$CH_3COOH + OH^- = CH_3COO^- + H_2O$$

अभिक्रिया में दो दुर्बल विद्युत-अपघट्य – दुर्बल अम्ल CH_3COOH) व जल – भाग लेते हैं। संतुलन दुर्बल विद्युत-अपघट्य – जल के बनने की दिशा में काफी ज्यादा स्थानान्तरित हो जाता है, जिसका (जल का) वियोजन स्थिरांक (1.8×10^{-16}) ऐसीटिक अम्ल के वियोजन स्थिरांक (1.8×10^{-5}) से बहुत कम होता है। ये अभिक्रियाएं अंत तक नहीं घटेंगी ; अवियोजित अणुओं CH_3COOH की थोड़ी सी मात्रा तथा आयन OH^- विलयन में बच जाते हैं जिसके कारण विलयन की अभिक्रिया उदासीन (जैसे कि प्रबल भस्म द्वारा प्रबल अम्ल के उदासीनीकरण में) न होकर दुर्बल क्षारीय होगी।

इसी प्रकार प्रबल अम्ल द्वारा दुर्बल भस्म के उदासीनीकरण में :

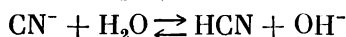
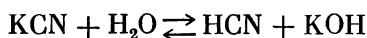
$$Zn(OH)_2 + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2H_2O$$

या

$$Zn(OH)_2 + 2H^+ = Zn^{2+} + 2H_2O$$

संतुलन दायीं ओर काफी ज्यादा स्थानान्तरित हो जाता है – दुर्बल विद्युत-अपघट्य (जल) के बनने की दिशा में, परंतु संतुलन प्राप्त होने पर विलयन में भस्म के अवियोजित अणुओं की कुछ मात्रा तथा H^+ आयन उपस्थित होंगे और वह दुर्बल-अम्लीय होगा।

इस प्रकार हम देखते हैं कि जिन उदासीनीकरण अभिक्रियाओं में दुर्बल अम्ल या भस्म भाग लेते हैं, वे उत्क्रमणीय होती हैं अर्थात वे अग्रवर्ती दिशा के साथ-साथ प्रतिवर्ती दिशा में भी घट सकती हैं। इसका अर्थ यह हुआ कि जब हम एक दुर्बल अम्लीय ऋणायन या दुर्बल भस्मीय धनायन के लवण को जल में विलीन करते हैं, तो एक जलापघटन क्रिया घटती है अर्थात लवण और जल के बीच विनिमय क्रिया घटती है जिसके फलस्वरूप दुर्बल अम्ल या दुर्बल भस्म बनता है।

अगर कोई लवण दुर्बल अम्ल तथा प्रबल भस्म से बनता है, तो जलापघटन के कारण विलयन में हाइड्रोक्साइड आयन बन जाते हैं तथा वह क्षारीय बन जाता है, जैसे :

$$KCN + H_2O \rightleftarrows HCN + KOH$$
$$CN^- + H_2O \rightleftarrows HCN + OH^-$$

हम देख रहे हैं कि इन स्थितियों में लवण के ऋणायन का जलापघटन होता है।

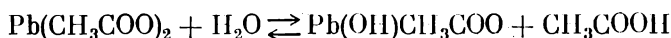
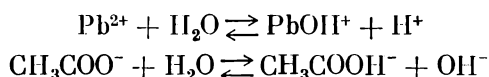
प्रबल अम्ल तथा दुर्बल भस्म से बने लवण के जलापघटन में लवण का जलापघटन होता है; विलयन में हाइड्रोजन आयन की सान्द्रता बढ़ जाती है तथा यह अम्लीय बन जाता है; जैसे,

$$ZnCl_2 + H_2O \rightleftarrows Zn(OH)Cl + HCl$$
$$Zn^{2+} + H_2O \rightleftarrows ZnOH^+ + H^+$$

दुर्बल अम्ल तथा दुबल भस्म से बना लवण जब जल के साथ अभिक्रिया करता है, तो उसके धनायन व ऋणायन दोनों का ही जलापघटन हो जाता है, उदाहरणतया, लेड ऐसीटेट के जलापघटन में

$$Pb(CH_3COO)_2 + H_2O \rightleftarrows Pb(OH)CH_3COO + CH_3COOH$$

एक साथ दो क्रियायें घटती हैं:

$$Pb^{2+} + H_2O \rightleftarrows PbOH^+ + H^+$$
$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH^- + OH^-$$

इस अवस्था में विलयन की अभिक्रिया अम्ल तथा लवण बनाने वाले भस्म की सापेक्षिक प्रबलता पर निर्भर करती है। अगर $K_{अम्ल} \approx K_{भस्म}$, तो धनायन व ऋणायन समान रूप से जलापघटित होते हैं तथा अम्ल उदासीन होता है; अगर $K_{अम्ल} > K_{भस्म}$, तो लवण का धनायन ऋणायन की तुलना में अधिक जलापघटित होता है, जिसके कारण विलयन में हाइड्रोजन आयनों की सान्द्रता हाइड्रोक्साइड आयनों से उच्च हो जाती है, विलयन योड़ा सा अम्लीय हो जाता है; अंत में अगर $K_{अम्ल} > K_{भस्म}$, तो लवण का ऋणायन जलापघटित हो जाता है तथा विलयन थोड़ा सा क्षारीय हो जाता है।

प्रबल अम्ल तथा प्रबल भस्म से बने लवण जलापघटित नहीं होते हैं क्योंकि इस अवस्था में उदासीनीकरण क्रिया, जो जलापघटन

के विपरीत होती है, वस्तुत: अनुत्क्रमणीय होती है अर्थात पूर्ण हो जाती है।

दुर्बल अम्ल HA तथा प्रबल भस्म से बने लवण का जलापघटन जलापघटन स्थिरांक K_h द्वारा व्यक्त किया जाता है:

$$K_h = \frac{[OH^-][HA]}{[A^-]} = \frac{K_w}{K_{\text{अम्ल}}}$$

यहाँ K_w जल का आयनी गुणनफल है।

अंतिम समीकरण यह बताता है कि अम्ल जितना ज्यादा दुर्बल होगा अर्थात उसका वियोजन स्थिरांक जितना ज्यादा निम्न होगा, उसके लवणों का जलापघटन स्थिरांक उतना ही ज्यादा उच्च होगा।

इसी प्रकार दुर्बल भस्म MOH तथा प्रबल अम्ल से बने लवण के लिये:

$$K_h = \frac{[H^+][MOH]}{[M^+[} = \frac{K_w}{K_{\text{भस्म}}}$$

अत: K_h जितना ज्यादा होगा, $K_{\text{भस्म}}$ उतना ही कम होगा अर्थात् भस्म MOH उतना ही ज्यादा दुर्बल होगा।

जलापघटन की डिग्री h विद्युत-अपघट्य के उस अंश को कहते हैं, जिसका जलापघटन हो चुका हो। यह जलापघटन स्थिरांक K_h के साथ एक समीकरण द्वारा संबंधित होता है जैसे दुर्बल विद्युत-अपघट्य के लिये ओस्वाल्ड तनुता नियम द्वारा वियोजन स्थिरांक तथा वियोजन की डिग्री आपस में संबंधित होती हैं:

$$K_h = \frac{h^2C}{1-h}$$

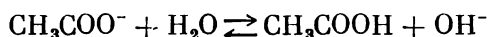
लवण का जलापघटित अंश अक्सर बहुत थोड़ा होता है तथा जलापघटित उत्पादों की सान्द्रता नगण्य होती है, इन स्थितियों में $h<1$ तथा अंतिम सूत्र के हर में इस मान की उपेक्षा की जा सकती है। अब K_h व h के बीच संबंध सरल हो जाता है:

$$K_h = h^2C \text{ या } h = \sqrt{\frac{K_h}{C}}$$

अंतिम समीकरण यह दर्शाता है कि दिये गये लवण के जलापघटन की डिग्री बढ़ती है, जब उसकी सान्द्रता कम होती है। अन्य शब्दों में जब जलापघटित लवणों का विलयन तनु किया जाता है, तो उसके जलापघटन की डिग्री बढ़ जाती है।

उदाहरण 2. 0.1M पोटेशियम ऐसीटेट विलयन के जलापघटन की डिग्री तथा pH का कलन करें।

हल. जलापघटन अभिक्रिया का समीकरण निम्न है:

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-$$

जलापघटन की डिग्री का कलन करने के लिये पहले कम जलापघटन स्थिरांक ज्ञात करते हैं। इसके लिये परिशिष्ट की सारणी 6 में ऐसीटिक अम्ल के वियोजन स्थिरांक का मान ढूंढ़ते हैं:

$$K_h = \frac{K_w}{K_{\text{अम्ल}}} = \frac{10^{-14}}{1.8\times 10^{-5}} = 5.56\times 10^{-10}$$

अब हम जलापघटन की डिग्री ज्ञात करते हैं:

$$h=\sqrt{\frac{K_h}{C}} = \sqrt{\frac{5.56\times 10^{-10}}{0.1}} = 7.5\times 10^{-5}$$

pH का कलन करने के लिये हम इस बात को ध्यान में रखते हैं कि प्रत्येक CH_3COO^- ऋणायन के जलापघटन के फलस्वरूप एक हाइड्रोक्साइड आयन बनता है। अगर जलापघटित ऋणायनों की आरंभिक सान्द्रता c mol/l है तथा इन ऋणायनों का अंश घर्षण h जलापघटित हो जाता है, तो OH^- आयनों के hc mol/l उत्पन्न होंगे। अतः

$$[OH^-] = hc = 7.5\times 10^{-5}\times 0.1 = 7.5\times 10^{-6} \text{ mol/l}$$

तथा

$$POH = -\log [OH^-] = -\log (7.5\times 10^{-6}) =$$
$$= -(\bar{6}.88) = -(-5.12) = 5.12$$

चूंकि

$$pH = 14 - pOH$$

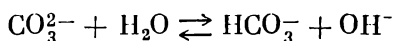
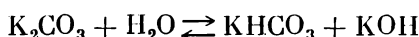
अत :

$$pH = 14 - 5.12 = 8.88$$

दुर्बल बहुभस्मीय अम्ल से बने लवणों का जलापघटन चरणशः होता है तथा जलापघटन के प्रथम चरण के उत्पाद अम्लीय लवण होते हैं। उदाहरण के लिये, पोटेशियम कार्बोनेट के जलापघटन CO_3^{2-} आयन एक हाइड्रोजन आयन जोड़ देता है जिससे हाइड्रोजन कार्बोनेट आयन HCO_3^- बन जाता है :

$$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows HCO_3^- + OH^-$$

या आण्विक रूप में :

$$K_2CO_3 + H_2O \rightleftarrows KHCO_3 + KOH$$

यह जलापघटन का प्रथम चरण है। संगत जलापघटन स्थिरांक जलापघटन में बने अम्ल (HCO_3^-) के वियोजन स्थिरांक के मान द्वारा ज्ञात किया जाता है अर्थात कार्बोनिक अम्ल H_2CO_3 के वियोजन स्थिरांक 4.7×10^{-11} द्वारा।

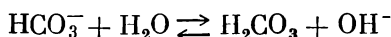
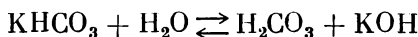
अत :

$$K_{h1} = \frac{K_w}{K_{\text{अम्ल}\,2}} = \frac{10^{-14}}{4.7 \times 10^{-11}} = 2.1 \times 10^{-4}$$

विलयन में OH^- आयनों का संचयन जलापघटन में बाधा डालता है। अगर प्राप्त हाइड्रोक्साइड आयनों को मिला दें (जैसे, विलयन में कोई अम्ल मिला कर) HCO_3^- ऋणायन जलापघटित हो जाता है (जलापघटन का दूसरा चरण) :

$$HCO_3^- + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 + OH^-$$

या आण्विक रूप में :

$$KHCO_3 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 + KOH$$

द्वितीय चरणी जलापघटन स्थिरांक कार्बोनिक अम्ल के प्रथम वियोजन स्थिरांक के मान 4.5×10^{-7} द्वारा ज्ञात किया जाता है :

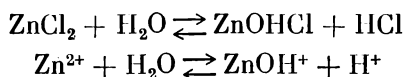
$$K_{h_2} = \frac{K_w}{K_{\text{अम्ल}1}} = \frac{10^{-14}}{4.5 \times 10^{-7}} = 2.2 \times 10^{-8}$$

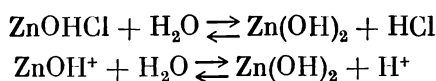
हम देखते हैं कि

$$K_{h2} \ll K_{h1} ।$$

इसका कारण यह है कि प्रथम चरणी वियोजन स्थिरांक नियमानुसार द्वितीय चरणी वियोजन स्थिरांक से अधिक होता है। अत: दुर्बल बहुभस्मीय अम्लों के लवणों के जलापघटन के साथ संबंधित कलनों में केवल प्रथमचरणी जलापघटन को महत्व देना चाहिये।

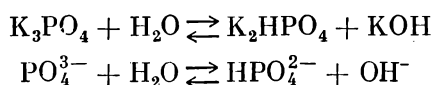
बहुसंयोजी धातुओं के दुर्बल भस्मों द्वारा बने लवणों का जलापघटन भी क्रमश: घट सकता है। प्रथम चरणी जलापघटन से एक भस्मीय लवण प्राप्त होता है, उदाहरण के लिये :

$$ZnCl_2 + H_2O \rightleftarrows ZnOHCl + HCl$$
$$Zn^{2+} + H_2O \rightleftarrows ZnOH^+ + H^+$$

जलापघटन का दूसरा चरण है – प्राप्त भस्मीय लवण (या हाइड्रोक्सो धनायन) की जल के साथ अभिक्रिया :

$$ZnOHCl + H_2O \rightleftarrows Zn(OH)_2 + HCl$$
$$ZnOH^+ + H_2O \rightleftarrows Zn(OH)_2 + H^+$$

इन स्थितियों में Kh_1 Kh_2 से काफी अधिक होता है तथा अगर बने H^+ आयन मिलाये न जायें, तो द्वितीय चरणी जलापघटन वस्तुत: नहीं होगा।

उदाहरण 3. पोटेशियम आर्थोफास्फेट के 0.1M विलयन का pH ज्ञात करें।

हल. हम यह मान लेते हैं कि जलापघटन वस्तुत: केवल प्रथम चरण में होता है :

$$K_3PO_4 + H_2O \rightleftarrows K_2HPO_4 + KOH$$
$$PO_4^{3-} + H_2O \rightleftarrows HPO_4^{2-} + OH^-$$

इस चरण का जलापघटन स्थिरांक प्राप्त दुर्बल अम्ल HPO_4^{2-} के वियोजन स्थिरांक द्वारा अर्थात आर्थोफास्फोरिक अम्ल के तीसरे वियोजन स्थिरांक (1.3×10^{-12}) द्वारा ज्ञात किया जाता है :

$$K_{h_1} = \frac{K_w}{K_3} = \frac{10^{-14}}{1.3 \times 10^{-12}} = 7.7 \times 10^{-3}$$

हम जलापघटन की डिग्री ज्ञात करते हैं :

$$h = \sqrt{\frac{K_{h_1}}{C}} = \sqrt{\frac{7.7 \times 10^{-3}}{0.1}} = 2.8 \times 10^{-2}$$

प्राप्त हाइड्रोक्साइड आयनों की सान्द्रता hC है अर्थात

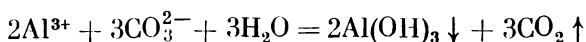
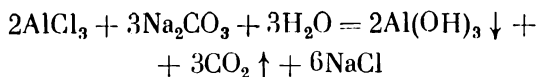
$$[OH^-] = 2.8 \times 10^{-2} \times 0.1 = 2.8 \times 10^{-3}$$

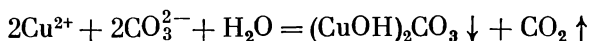
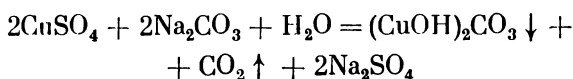
$$pOH = -\log(2.8 \times 10^{-3}) = 2.55$$

$$\text{चूंकि } pH = 14 - pOH$$

$$\text{अत : } pH = 14 - 2.55 = 11.45$$

अगर जलापघटित हो रहे लवण के विलयन में कोई अभिकर्मक मिलायें, जो जलापघटन के दौरान बने आयनों H^+ या OH^- को संघटित करता है, तो ले शातेल्ये के नियमानुसार संतुलन जलापघटन के तीव्र होने की दिशा में स्थानान्तरित हो जायेगा, इसके परिणामस्वरूप जलापघटन आखिर तक घटेगा – उत्पदों के बनने तक। विलयन में क्षार (या अम्ल) मिलाकर ही नहीं, दूसरा लवण मिलाकर भी H^+ (या OH^-) आयन संघटित किये जा सकते हैं। यह वह लवण है जिसके जलापघटन से विलयन में H^+ व OH^- आयन संचयित होते हैं ; H^+ तथा OH^- आयन एक दूसरे को उदासीन कर देते हैं, जिससे दोनों लवणों के जलापघटन एक दूसरे को तीव्र करते हैं तथा जलापघटन उत्पाद बनते हैं। उदाहरण के लिये, जब OH^- व H^+ आयनों को घोलने वाले Na_2CO_3 व $AlCl_3$ विलयन मिलाये जाते हैं तो जलापघटन की पारस्परिक तीव्रता से CO_2 उत्सर्जित होती है तथा $Al(OH)_3$ अवक्षेपित होता है :

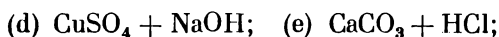
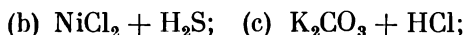
$$2AlCl_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O = 2Al(OH)_3 \downarrow +$$
$$+ 3CO_2 \uparrow + 6NaCl$$
$$2Al^{3+} + 3CO_3^{2-} + 3H_2O = 2Al(OH)_3 \downarrow + 3CO_2 \uparrow$$

इन अवस्थाओं में सबसे कम विलयशील जलापघटन उत्पाद अवक्षेपित होता है। उदाहरण के लिये, कापर हाइड्रोक्साइड कार्बोनेट $(CuOH)_2CO_3$ की विलेयता कापर हाइड्रोक्साइड $Cu(OH)_2$ से निम्न होती है। अत: जब $CuSO_4$ व Na_2CO_3 विलयन मिलाये जाते हैं, तो जलापघटन उत्पाद $Cu(OH)_2CO_3$ होता है:

$$2CuSO_4 + 2Na_2CO_3 + H_2O = (CuOH)_2CO_3 \downarrow +$$
$$+ CO_2 \uparrow + 2Na_2SO_4$$
$$2Cu^{2+} + 2CO_3^{2-} + H_2O = (CuOH)_2CO_3 \downarrow + CO_2 \uparrow$$

तापमान में परिवर्तन द्वारा भी जलापघटन का संतुलन स्थानान्तरित किया जा सकता है। चूंकि जलापघटन की प्रतिवर्ती क्रिया – उदासीनीकरण – के दौरान ऊर्जा का उत्सर्जन होता है, अत: जलापघटन अभिक्रिया ऊष्माशोषी होती है। इसी कारण तापमान की वृद्धि से जलापघटन तीव्र हो जाता है जबकि तापमान के घटने से जलापघटन क्षीण हो जाता है।

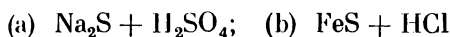
प्रश्न *

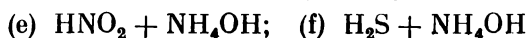
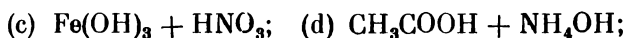
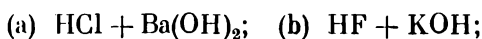
572. निम्न अभिक्रियाओं के आयनी आण्विक समीकरण लिखें, जिनके फलस्वरूप कम विलयशील अवक्षेप या गैसें बनती हैं:

(a) $Pb(NO_3)_2 + KI$;
(b) $NiCl_2 + H_2S$; (c) $K_2CO_3 + HCl$;
(d) $CuSO_4 + NaOH$; (e) $CaCO_3 + HCl$;
(f) $Na_2SO_3 + H_2SO_4$; (g) $AlBr_3 + AgNO_3$.

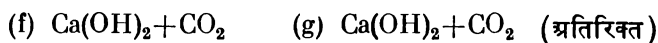
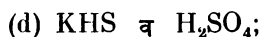
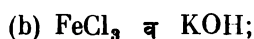
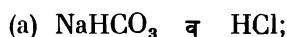
---

* इस खंड के प्रश्न हल करते समय जलापघटन स्थिरांकों का कलन करने के लिये परिशिष्ट की सारणी 6 का प्रयोग किया जा सकता है।

573. निम्न अभिक्रियाओं के आयनी आण्विक समीकरण लिखें, जिनके फलस्वरूप अल्प वियोजी यौगिक बनते हैं:

(a) $Na_2S + H_2SO_4$; (b) $FeS + HCl$
(c) $HCOOK + HNO_3$;
(d) $NH_4Cl + Ca(OH)_2$ (e) $NaOCl + HNO_3$.

574. निम्न उदासीनीकरण अभिक्रियाओं के आयनी-आण्विक समीकरण लिखें:

(a) $HCl + Ba(OH)_2$; (b) $HF + KOH$;
(c) $Fe(OH)_3 + HNO_3$; (d) $CH_3COOH + NH_4OH$;
(e) $HNO_2 + NH_4OH$; (f) $H_2S + NH_4OH$

इनमें से कौनसी अभिक्रियाएं उत्क्रमणीय हैं तथा कौनसी अनुत्क्रमणीय।

575. निम्न पदार्थों के जलीय विलयनों के बीच अभिक्रियाओं के आयनी-आण्विक समीकरण लिखें:

(a) $NaHCO_3$ व HCl;
(b) $FeCl_3$ व KOH;
(c) $Pb(CH_3COO)_2$ व Na_2S;
(d) KHS व H_2SO_4;
(e) $Zn(NO_3)_2 + KOH$ (अतिरिक्त);
(f) $Ca(OH)_2 + CO_2$ (g) $Ca(OH)_2 + CO_2$ (अतिरिक्त)

प्रत्येक अवस्था में संतुलन के अग्रवर्ती अभिक्रिया की दिशा में स्थानान्तरित होने का कारण बताइये।

576. निम्न में से कौनसे लवण जलापघटित होते हैं: $NaCN$, KNO_3, $KOCl$, $NaNO_2$, NH_4CH_3COO, $CaCl_2$, $NaClO_4$, $KHCOO$ व KBr?

प्रत्येक जलापघटित लवण के लिये जलापघटन का आयनी-आण्विक समीकरण लिखें तथा यह बतायें कि इसका जलीय विलयन उदासीन अम्लीय या क्षारीय है?

577. निम्न में से कौनसे लवण जलापघटित होते हैं:
$ZnBr_2$, K_2S; $Fe_2(SO_4)_3$; $MgSO_4$; $Cr(NO_3)_2$; K_2CO_3; Na_3PO_4 व $CuCl_2$?
प्रत्येक जलापघटित लवण के हर चरण के लिये आण्विक व आयनी-आण्विक समीकरण लिखें और बतायें कि लवण का जलीय विलयन उदासीन, अम्लीय या क्षारीय है?

578. KCN, NH_4Cl, K_2SO_3, $NaNO_3$, $FeCl_3$, Na_2CO_3 व Na_2SO_4 के जलीय विलयनों में लिटमस कौनसे रंग में परिवर्तित हो जायेगा? अपने उत्तर का कारण बताइये।

579. पोटेशियम फ्लुओराइड का जलापघटन स्थिरांक ज्ञात करें; 0.01M विलयन में इस लवण के जलापघटन की डिग्री तथा विलयन का pH ज्ञात करें।

580. अमोनियम क्लोराइड का जलापघटन स्थिरांक ज्ञात करें, 0.01M विलयन में इस लवण के जलापघटन की डिग्री तया विलयन का pH ज्ञात करे।

581. केवल प्रथम चरणी जलापघटन के आधार पर सोडे Na_2CO_3 के 0.02N विलयन का pH ज्ञात करें।

582. पोटेशियम सायनाइड के 0.1M व 0.001M विलयनों में लवण के जलापघन की डिग्री तथा विलयन के pH की तुलना करें।

583. 60°C पर जल का आयनी गुणनफल $Kw=10^{-13}$ है। यह जानते हुए कि ताप के साथ हाइड्रोक्लोरस अम्ल का वियोजन स्थिरांक परिवर्तित नहीं होता है, 25 तथा 60°C पर KOCl के 0.001N विलयन का pH ज्ञात करें।

584. किसी एक भस्मीय कार्बोनिक अम्ल के सोडियम लवण के 0.1M विलयन का pH 10 है। अम्ल के वियोजन स्थिरांक का कलन करें।

585. संगत अम्लों व भस्मों के वियोजन स्थिरांकों के मानों के आधार पर निम्न लवणों के जलीय विलयनों की अभिक्रिया लिखें: NH_4CN, NH_4F, $(NH_4)_2S$।

586. $pH<3.1$ पर मेथिल रेड सूचक का रंग लाल हो जाता है, $pH>6.3$ पर पीला तथा pH के मध्यम मानों पर नारंगी।

NH_4Br के 0.1M विलयन में सूचक कौनसे रंग का हो जायेगा?

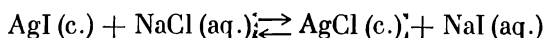
587. NaH_2PO_4 का विलयन दुर्बल अम्लीय है तथा Na_3PO_4 का प्रबल क्षारीय है। इन तथ्यों के कारण बताइये तथा संगत आयनी समीकरणों द्वारा अपना उत्तर स्पष्ट कीजिये।

588. $NaHCO_3$ का विलयन दुर्बल क्षारीय तथा $NaHCO_3$ का अम्लीय क्यों होता है?

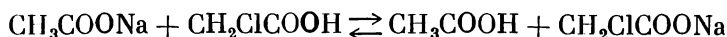
589. जब एक ही पात्र में $Cr(NO_3)_3$ तथा Na_2S के जलीय विलयन भरे जाते हैं, तो क्रोमियम (III) हाइड्रोक्साइड का अवक्षेप बनता है तथा एक गैस उत्सर्जित होती है। अभिक्रिया के आण्विक तथा आयनी आण्विक समीकरण लिखें।

अपना ज्ञान परखिये

590. अभिक्रिया

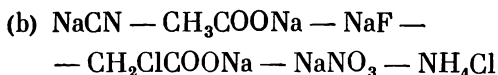
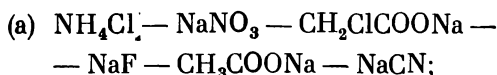
$$AgI\,(c.) + NaCl\,(aq.) \rightleftarrows AgCl\,(c.) + NaI\,(aq.)$$

का संतुलन किस दिशा में स्थानान्तरित होगा?
(a) अग्रवर्ती अभिक्रिया की दिशा में; (b) प्रतिवर्ती अभिक्रिया की दिशा में।

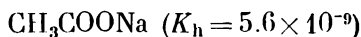
591. जलीय विलयन में अभिक्रिया

$$CH_3COONa + CH_2ClCOOH \rightleftarrows CH_3COOH + CH_2ClCOONa$$

का संतुलन किस दिशा में स्थानान्तरित होगा? (a) अग्रवर्ती अभिक्रिया की दिशा में; (b) प्रतिवर्ती अभिक्रिया की दिशा में।

592. समान आण्विक सान्द्रता वाले विलयनों का कौनसा क्रम pH की वृद्धि के संगत होगा?

(a) NH_4Cl — $NaNO_3$ — $CH_2ClCOONa$ —
— NaF — CH_3COONa — $NaCN$;

(b) $NaCN$ — CH_3COONa — NaF —
— $CH_2ClCOONa$ — $NaNO_3$ — NH_4Cl

593. pH का परास 5 से 8.3 तक होने पर लिटमस का रंग बदल जाता है। सोडियम ऐसीटेट

$$CH_3COONa\ \ (K_h = 5.6 \times 10^{-9})$$

के 0.001 विलयन में लिटमस रखा होने पर विलयन कौनसे रंग का होगा? (a) लाल; (b) बैंगनी; (c) नीला।

594. pH परास 3.2 से 4.4 तक होने पर मेथिल ओरेन्ज सूचक का रंग लाल से पीला हो जाता है। अमोनियम ऐसीटेट CH_3COONH_4 का 0.1M जलीय विलयन, जिसमें मेथिल ओरेन्जा उपस्थित है, किस रंग का होगा?
(a) लाल; (b) नारंगी; (c) पीला।

595. हाइड्रेजोइक अम्ल HN_3 तथा अमोनियम हाइड्रोक्साइड NH_4OH के वियोजन स्थिरांक लगभग समान हैं। समान मोलीय सान्द्रता वाले $NaN_3(pH_1)$ व $NH_4NO_3(pH_2)$ विलयनों में pH के मानों के बीच क्या संबंध होगा?

(a) $pH_1 > pH_2$; (b) $pH_1 \approx pH_2$;
(c) $pH_1 < pH_2$

क्योंकि (1) दोनों लवण एक ही डिग्री तक जलापघटित होते हैं, (2) एक लवण में धनायन जलापघटित होता है तथा दूसरे में ऋणायन।

596. निम्न में से कौनसे अभिकर्मक $FeCl_3$ विलयन में मिलाये जाने पर लवण का जलापघटन तीव्र कर देंगे?

(a) HCl; (b) NaOH; (c) $ZnCl_2$;
(d) Na_2CO_3; (e) NH_4Cl; (f) Zn;
(g) H_2O।

अध्याय 8

उपापचयन अभिक्रियाएँ. विद्युत रसायन के मुख्य नियम

1. उपचयन संख्या. उपचयन और अपचयन

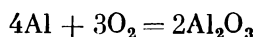
किसी यौगिक में तत्व की उपचयन संख्या (या उपचयन अवस्था) नियत तत्व के एक परमाणु से दूसरे परमाणुओं की ओर विस्थापित (ऋणात्मक उपचयन) इलेक्ट्रानों की संख्या द्वारा निर्धारित की जाती है।

यौगिक में किसी तत्व की उपचयन सख्या ज्ञात करने के लिये निम्न नियमों का पालन करना चाहिये: (1) सरल पदार्थ में तत्वों की उपचयन सख्या शून्य के बराबर ली जाती है; (2) अणु में सारे परमाणुओं की उपचयन संख्याओं का बीजीय योग शून्य के बराबर होता है; (3) क्षारीय धातुओं (+1), द्वितीय ग्रुप के मुख्य उपग्रुप की धातुओं, जिंक और कैडमियम (+2) की उपचयन संख्या स्थिर होती है; (4) अधिकांश यौगिकों में हाइड्रोजन की उपचयन संख्या +1 के बराबर होती है तथा धात्विक हाइड्राइडों (NaH, CaH_2 आदि) में यह —1 के बराबर होती है: (5) यौगिकों में आक्सीजन की उपचयन संख्या —2 होती है [पर-आक्साइडों (—1) तथा आक्सीजन फ्लुओराइड OF_2 (+2) के अतिरिक्त]।

ऊपर दिये नियमों के आधार पर यह निर्धारित करना सरल है कि यौगिकों NH_3, N_2H_4, NH_2OH, N_2O, NO, HNO_2, NO_2 व HNO_3 में नाइट्रोजन की उपचयन संख्या क्रमश: —3, —2, —1, +1, +2, +3, +4 व +5 है।

उपापचयन अभिक्रियाओं में अभिकारी पदार्थों में एक या अधिक तत्वों की उपचयन संख्या परिवर्तित हो जाती है। वह अभिक्रिया, जिसमें परमाणु द्वारा इलेक्ट्रान देने के साथ उपचयन संख्या बढ़ती है, उपचयन कहलाती हैं, वह अभिक्रिया, जिसमें परमाणु द्वारा इलेक्ट्रान प्राप्त करने के साथ उपचयन संख्या घटती है, अपचयन कहलाती है।

वह पदार्थ, जिसमें उपचयित होने वाला तत्व उपस्थित होता है, अपचायक कहलाता है तथा वह पदार्थ, जिसमें अपचियित होने वाला तत्व उपस्थित होता है, उपचायक या आक्सीकारक कहलाता है, उदाहरण के लिये, अभिक्रिया

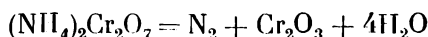
$$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3$$

में ऐलुमिनियम अपनी उपचयन संख्या 0 से बढ़ाकर +3 को देता है तथा यह एक अपचायक है। अभिक्रिया के फलस्वरूप ऐलुमिनियम का अपचयित रूप (मुक्त ऐलुमिनियम) उपचयित हो जाता है तथा संयुग्मी उपचयित रूप में परिवर्तित हो जाता है (ऐलुमिनियम +3 उपचयन अवस्था में)।

इस अभिक्रिया में आक्सीजन अपनी उपचयन संख्या कम कर देता है (0 से —2 कर देता है) तथा यह एक उपचायक है; अभिक्रिया के परिणामस्वरूप आक्सीजन का उपचयित रूप (मुक्त आक्सीजन) अपचयित हो जाता है तथा इसके संयुग्मी अपचयित रूप में परिवर्तित हो जाता है (आक्सीजन —2 उपचयन अवस्था में)। दोनों क्रियाएं – उपचयन तथा अपचयन साथ-साथ घटती हैं। अपचायक द्वारा दिये गये इलेक्ट्रानों की कुल संख्या उपचायक द्वारा प्राप्त इलेक्ट्रानों की कुल संख्या के बराबर होती है।

उपरोक्त अभिक्रिया में दो पदार्थ व्यतिक्रिया करते है: उनमें से एक उपचायक है – (आक्सीजन) तथा दूसरा अपचायक है (ऐलुमिनियम)। इस प्रकार की अभक्रियाएं अंतराअणुक उपापचयन अभिक्रियाओं के अंतर्गत आती हैं। अभिक्रिया

$$4H_3PO_3 = 3H_3PO_4 + PH_3$$

स्वत: उपचयन-स्वत: अपचयन (असमानुपातन) अभिक्रियाओं का एक उदाहरण है। इन अभिक्रियाओं में एक साथ ऐसे यौगिक बनते हैं जिनमें दिया तत्व आरंभिक अवस्था से अधिक उपचयित तथा अधिक अपचयित अवस्था में उपस्थित होता है। आरंभिक पदार्थ उपचायक और अपचायक दोनों की भूमिकाएं निभाता है। अंतिम अभिक्रिया में फास्फोरस अम्ल H_3PO_4 (फास्फोरस की उपचयन संख्या +3 है) उपचायक की भूमिका भी निभाता है (फास्फोरस के —3 (PH_3) उपचयन अवस्था तक अपचयित हो जाने के कारण) तथा अपचायक की भी (फास्फोरस के +5 (H_3PO_4) उपचयन अवस्था तक उपचयित हो जाने के कारण) ये अभिक्रियाएं तभी संभव हैं, जब प्रारंभिक तत्व आरंभिक यौगिक में मध्यवर्ती उपचयन अवस्था में हो। उदाहरणतया, उक्त अभिक्रिया में आरंभिक यौगिक में फास्फोरस की उपचयन संख्या (+3) इस तत्व की अधिकतम (+5) तथा निम्नतय उपचयन संख्या (—3) की मध्यवर्ती है। अभिक्रिया

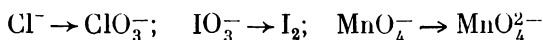
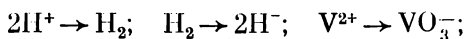
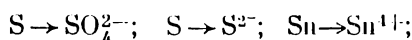
$$(NH_4)_2Cr_2O_7 = N_2 + Cr_2O_3 + 4H_2O$$

ा क्रोमियम, जिसकी उपचयन संख्या +6 से घट कर +3 हो जाती है, अपचयित होता है तथा नाइट्रोजन जिसकी उपचयन संख्या −3 से बढ़कर 0 हो जाती है, उपचयित होता है। ये दोनों तत्व एक ही आरंभिक पदार्थ में उपस्थित हैं। इस प्रकार की अभिक्रियाएं अंत:अणुक उपापचयन अभिक्रियाएं कहलाती हैं। उदाहरण के लिये, सम्मिश्र यौगिकों के ऊष्मीय अपघटन की बहुत सारी अभिक्रियाएं अंत: अणुक उपापचयन अभिक्रियाओं के अंतर्गत आती हैं।

प्रश्न

597. निम्न यौगिकों में सल्फर की उपचयन संख्या ज्ञात करें: SO_2, H_2S, Na_2SO_3, CS_2, H_2SO_4, As_2S_3।

598. निम्न यौगिकों में क्रोमियम की उपचयन संख्या निर्धारित करें: K_2CrO_4, Cr_2O_3, $Fe(CrO_2)_2$, $K_2Cr_2O_7$, $Cr_2(SO_4)_3$, $Na_3[Cr(OH)_6]$।

599. निम्न प्रक्रियाओं में उपचयन और अपचयन प्रक्रियाएं इंगित करें:

$$S \rightarrow SO_4^{2-};\quad S \rightarrow S^{2-};\quad Sn \rightarrow Sn^{4+};$$
$$K \rightarrow K^+;\quad Br_2 \rightarrow 2Br^-;$$
$$2H^+ \rightarrow H_2;\quad H_2 \rightarrow 2H^-;\quad V^{2+} \rightarrow VO_3^-;$$
$$Cl^- \rightarrow ClO_3^-;\quad IO_3^- \rightarrow I_2;\quad MnO_4^- \rightarrow MnO_4^{2-}$$

600. निम्न में से कौनसी प्रक्रियाओं में नाइट्रोजन उपचयित और कौनसी में अपचयित होता है तथा यह भी बताइये कि प्रत्येक प्रक्रिया में नाइट्रोजन की उपचयन संख्या किस तरह से बदलती है:

$$NH_4^+ \rightarrow N_2;\quad NO_3^- \rightarrow NO;\quad NO_2^- \rightarrow NO_3^-;\quad NO_2 \rightarrow NO_2^-$$

601. निम्न में से कौनसी अभिक्रिया उपापचयन अभिक्रिया है?

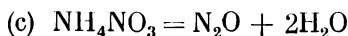
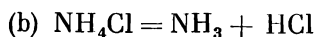
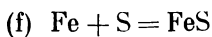
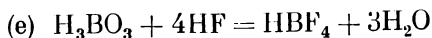
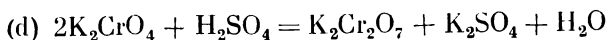
(a) $H_2 + Br_2 = 2HBr$

(b) $NH_4Cl = NH_3 + HCl$

(c) $NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$

(d) $2K_2CrO_4 + H_2SO_4 = K_2Cr_2O_7 + K_2SO_4 + H_2O$

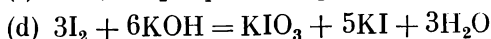
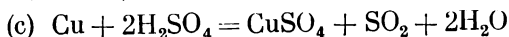
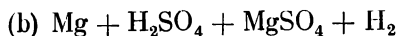
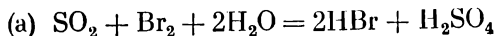
(e) $H_3BO_3 + 4HF = HBF_4 + 3H_2O$

(f) $Fe + S = FeS$

602. निम्न अभिक्रियाओं में कौन-कौनसे पदार्थ तथा तत्व उपचायक हैं और कौन-कौनसे अपचायक हैं :

(a) $SO_2 + Br_2 + 2H_2O = 2HBr + H_2SO_4$

(b) $Mg + H_2SO_4 + MgSO_4 + H_2$

(c) $Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$

(d) $3I_2 + 6KOH = KIO_3 + 5KI + 3H_2O$

603. निम्न में से कौन-कौनसी अभिक्रियाएं अंतराअणुक हैं और कौन-कौनसी अंत:अणुक तथा असमानुपाती :

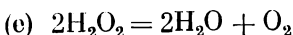
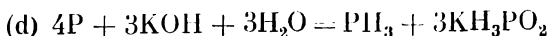
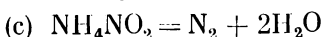
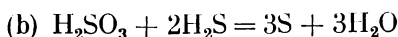
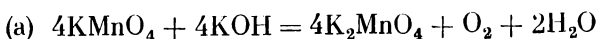
(a) $4KMnO_4 + 4KOH = 4K_2MnO_4 + O_2 + 2H_2O$

(b) $H_2SO_3 + 2H_2S = 3S + 3H_2O$

(c) $NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$

(d) $4P + 3KOH + 3H_2O = PH_3 + 3KH_3PO_2$

(e) $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$

(f) $2KMnO_4 + 3MnSO_4 + 2H_2O =$
$= 5MnO_2 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4$

अपना ज्ञान परखिये

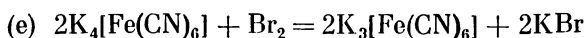
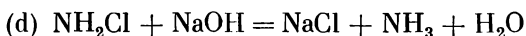
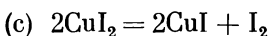
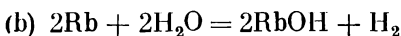
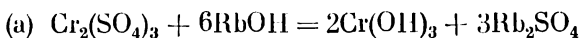
604. निम्न में से कौनसी अभिक्रियाएं उपापचयन अभिक्रियाएं हैं :

(a) $Cr_2(SO_4)_3 + 6RbOH = 2Cr(OH)_3 + 3Rb_2SO_4$

(b) $2Rb + 2H_2O = 2RbOH + H_2$

(c) $2CuI_2 = 2CuI + I_2$

(d) $NH_2Cl + NaOH = NaCl + NH_3 + H_2O$

(e) $2K_4[Fe(CN)_6] + Br_2 = 2K_3[Fe(CN)_6] + 2KBr$

605. निम्न रूपांतरणों में असमानुपातन की अभिक्रियाएं इंगित करें :

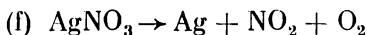
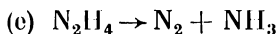
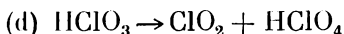
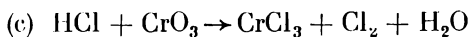
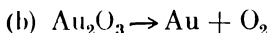
(a) $S + KOH \rightarrow K_2SO_3 + K_2S + H_2O$

(b) $Au_2O_3 \rightarrow Au + O_2$

(c) $HCl + CrO_3 \rightarrow CrCl_3 + Cl_2 + H_2O$

(d) $HClO_3 \rightarrow ClO_2 + HClO_4$

(e) $N_2H_4 \rightarrow N_2 + NH_3$

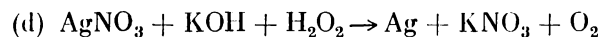
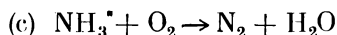
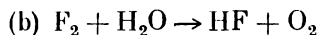
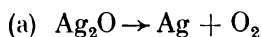
(f) $AgNO_3 \rightarrow Ag + NO_2 + O_2$

606. जल को किन उत्पादों तक उपचयित किया जा सकता है ? (a) O_2 व H^+ तक ; (b) OH^- व H_2 तक ; $2OH^-$ तक ?

607. निम्न में से कौनसे रूपातरणों में ग्राक्सीजन ग्रपचायक की भूमिका निभाता है ?

(a) $Ag_2O \rightarrow Ag + O_2$

(b) $F_2 + H_2O \rightarrow HF + O_2$

(c) $NH_3 + O_2 \rightarrow N_2 + H_2O$

(d) $AgNO_3 + KOH + H_2O_2 \rightarrow Ag + KNO_3 + O_2$

2. उपचायक ग्रौर ग्रपचायक

जो तत्व उपचयन की उच्चतम ग्रवस्था में होते हैं, वे केवल ग्रपचयित हो सकते हैं क्योंकि उनके सभी परमाणु केवल एक काम कर सकते हैं–इलेक्ट्रानों की प्राप्ति। उदाहरण के लिये, सल्फर +6 उपचयन ग्रवस्था में (H_2SO_4), नाइट्रोजन +5 ग्रवस्था में (HNO_3 व नाइट्रेट), मैंगनीज +7 ग्रवस्था में (परमैंगनेट), क्रोमियम +6 ग्रवस्था में (क्रोमेट तथा डाइक्रोमेट) ग्रौर लेड +4 ग्रवस्था में (PbO_2)।

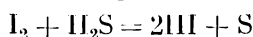
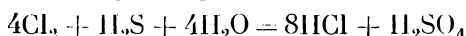
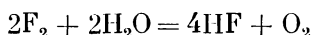
इसके विपरीत जो तत्व निम्नतम उपचयन ग्रवस्था में होते हैं, वे केवल उपचयित हो सकते हैं क्योंकि उनके परमाणु केवल एक कार्य कर सकते हैं–इलेक्ट्रानों का दान। उदाहरणतया, सल्फर —2 उपचयन ग्रवस्था में (H_2S व सल्फाइड), नाइट्रोजन —3 ग्रवस्था में (NH_3 व इसके व्युत्पन्न) ग्रौर ग्रायोडीन —1 ग्रवस्था में (HI व ग्रायोडाइड)।

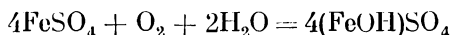
जिन पदार्थों में तत्व मध्यवर्ती उपचयन अवस्थाओं में होते हैं, उनमें उपापचयन द्वैत होता है। वे इलेक्ट्रान प्राप्त करने की क्षमता भी रखते हैं और दान करने की भी तथा यह इस बात पर निर्भर करता है कि वे किस साझेदार के साथ अभिक्रिया कर रहे हैं और अभिक्रिया की परिस्थितियां क्या हैं।

कुछ अतिमहत्वपूर्ण उपचायकों व अपचायकों का नीचे वर्णन कर रहे हैं।

उपचायक

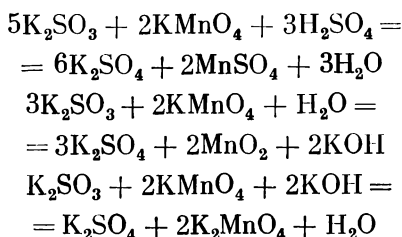
1. कुछ विशिष्ट अधातुएं (F_2, Cl_2, Br_2, I_2, O_2) तात्विक (मुक्त) अवस्था में उपचयन गुण व्यक्त करती हैं। हैलोजेन, जो उपचायक की भूमिका निभाते हैं, —1 उपचयन संख्या प्राप्त कर लेते हैं। फ्लुओरीन से आयोडीन तक उपचायक गुण क्षीण हो जाते हैं :

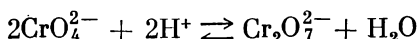
$$2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2$$
$$4Cl_2 + H_2S + 4H_2O = 8HCl + H_2SO_4$$
$$I_2 + H_2S = 2HI + S$$

आक्सीजन अपचयित करने पर —2 उपचयन अवस्था (H_2O या OH^-) में रूपांतरित हो जाता हैं।

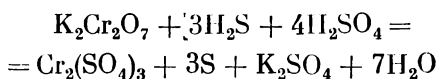
$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$
$$4FeSO_4 + O_2 + 2H_2O = 4(FeOH)SO_4$$

2. आक्सीअम्लों व उनके लवणों में सबसे महत्वपूर्ण उपचायक निम्न हैं : $KMnO_4$, K_2CrO_4, $K_2Cr_2O_7$, सांद्रित सल्फ्यूरिक अम्ल, नाइट्रिक अम्ल व नाइट्रेट, हैलोजेन के आक्सीअम्ल व उनके लवण।

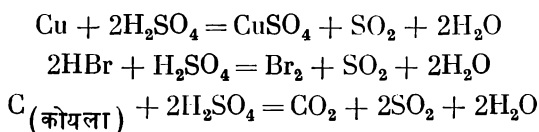
पोटेशियम परमैंगनेट, जो Mn(VII) की कीमत पर उपचयन गुण प्रदर्शित करता है, विलयन की अम्लता के अनुसार विभिन्न उत्पादों में अपचयित हो जाता है : अम्लीय विलयन में —Mn^{2+} (मैंगनीज की उपचयन संख्या +2 है), उदासीन व क्षीण क्षारीय

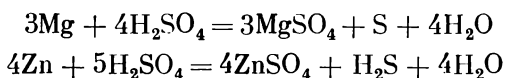
विलयन में —MnO_2 (उपचयन संख्या +4) तथा प्रबल क्षारीय विलयन में – मैंगनेट आयन MnO_4^{2-} (उपचयन संख्या +6):

$$5K_2SO_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 =$$
$$= 6K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O$$
$$3K_2SO_3 + 2KMnO_4 + H_2O =$$
$$= 3K_2SO_4 + 2MnO_2 + 2KOH$$
$$K_2SO_3 + 2KMnO_4 + 2KOH =$$
$$= K_2SO_4 + 2K_2MnO_4 + H_2O$$

पोटेशियम क्रोमेट व डाइक्रोमेट (K_2CrO_4 व $K_2Cr_2O_7$) अम्लीय माध्यम में उपचायकों की भूमिका निभाते हैं और Cr^{3+} आयन तक अपचयित हो जाते हैं। चूंकि अम्लीय विलयन में संतुलन

$$2CrO_4^{2-} + 2H^+ \rightleftarrows Cr_2O_7^{2-} + H_2O$$

दायीं ओर विस्थापित होता है, तो $Cr_2O_7^{2-}$ आयन उपचायक होता है:

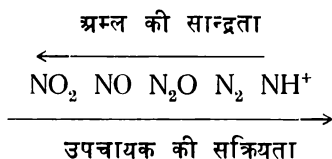
$$K_2Cr_2O_7 + 3H_2S + 4H_2SO_4 =$$
$$= Cr_2(SO_4)_3 + 3S + K_2SO_4 + 7H_2O$$

सांद्रित सल्फ्यूरिक अम्ल +6 उपचयन अवस्था में सल्फर की कीमत पर उपचयन गुण प्रदर्शित करता है, जो +4 अवस्था (SO_2), 0 (मुक्त सल्फर) या —2 (H_2S) तक अपचयित हो सकता है। अपचयन उत्पादों की संरचना मुख्यत: अपचायक की सक्रियता तथा अपचायकों की संख्या व सल्फ्यूरिक अम्ल के अनुपात, अम्ल की सान्द्रता और प्रणाली के ताप के आधार पर निश्चित की जाती है। अपचायक जितना अधिक सक्रिय होता है तथा अम्ल की सान्द्रता जितनी उच्च होती है, उपचयन उतना ही अधिक होता है। जैसे, निम्न सक्रियता वाली धातुएं (Cu, Sb आदि), हाइड्रोजन ब्रोमाइड तथा कुछ अधातुएं सान्द्रित सल्फ्यूरिक अम्ल को SO_2 में अपचयित कर देती हैं:

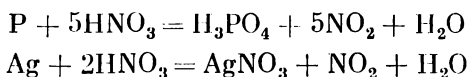
$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$
$$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + 2H_2O$$
$$C_{(\text{कोयला})} + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$

सक्रिय धातुएं (Mg, Zn आदि) सान्द्रित सल्फ्यूरिक अम्ल को मुक्त सल्फर या हाइड्रोजन सल्फाइड * में अपचयित कर देती हैं :

$$3Mg + 4H_2SO_4 = 3MgSO_4 + S + 4H_2O$$
$$4Zn + 5H_2SO_4 = 4ZnSO_4 + H_2S + 4H_2O$$

नाइट्रिक अम्ल +5 उपचयन अवस्था में नाइट्रोजन की कीमत पर उपचयन गुण प्रदर्शित करता है, HNO_3 की उपचयन क्षमता उसकी सान्द्रता की वृद्धि के अनुसार बढ़ती जाती है। सान्द्रित नाइट्रिक अम्ल अधिकांश तत्वों को उनकी उच्चतम उपचयन संख्या तक उपचयित कर देता है। HNO_3 के अपचयन के उत्पादों की संख्या अपचायक की सक्रियता तथा अम्ल की सान्द्रता पर निर्भर करती है; अपचायक जितना ज्यादा सक्रिय होता है तथा अम्ल जितना अधिक तनु होता है, नाइट्रोजन का उतना ही ज्यादा अपचयन होता है :

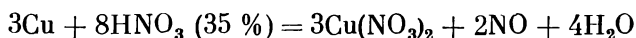
अम्ल की सान्द्रता

$$\xleftarrow{\qquad\qquad}$$
$$NO_2 \quad NO \quad N_2O \quad N_2 \quad NH^+$$
$$\xrightarrow{\qquad\qquad\qquad}$$

उपचायक की सक्रियता

इसी कारण जब सान्द्रित नाइट्रिक अम्ल अधातुओं या अल्प सक्रियता वाली धातुओं के साथ अभिक्रिया करता है, नाइट्रोजन डाइआक्साइड बनती है :

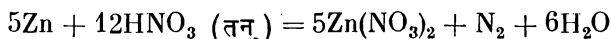
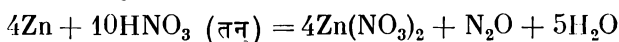
$$P + 5HNO_3 = H_3PO_4 + 5NO_2 + H_2O$$
$$Ag + 2HNO_3 = AgNO_3 + NO_2 + H_2O$$

जब अधिक तनु नाइट्रिक अम्ल निम्न सक्रियता वाली धातुओं के साथ अभिक्रिया करता है, नाइट्रोजन मोनोआक्साइड उत्सर्जित हो सकती है :

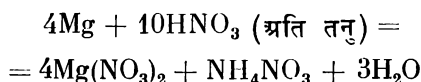
$$3Cu + 8HNO_3\ (35\ \%) = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

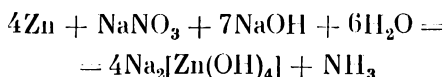
---

* सल्फ्यूरिक अम्ल के अपचयन के दौरान कभी कभी H_2S, S व SO_2 विभिन्न अनुपातों में बनते हैं।

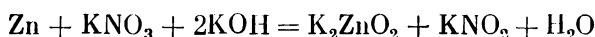
जबकि सक्रिय धातुओं के साथ अभिक्रिया से डाइनाइट्रोजन आक्साइड या मुक्त नाइट्रोजन* उत्सर्जित होती है:

$$4Zn + 10HNO_3 \text{ (तनु)} = 4Zn(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$$

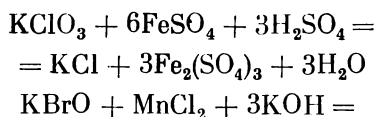
$$5Zn + 12HNO_3 \text{ (तनु)} = 5Zn(NO_3)_2 + N_2 + 6H_2O$$

बहुत अधिक तनु नाइट्रिक अम्ल की सक्रिय धातुओं के साथ अभिक्रिया कराके अमोनियम आयन तक अपचयित हो सकता हैं, जो अम्ल के साथ अमोनियम नाइट्रेट बनाता है:

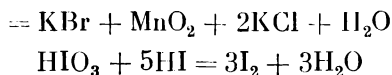
$$4Mg + 10HNO_3 \text{ (अति तनु)} =$$
$$= 4Mg(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$

SO_4^{2-} आयन से भिन्न NO_3^- आयन केवल अम्ल में ही नहीं बल्कि क्षारीय विलयन में भी उपचयन गुण प्रदर्शित करता है। विलयनों में NO_3^- आयन सक्रिय धातुओं द्वारा NH_3 तक अपचयित कर दिया जाता है:

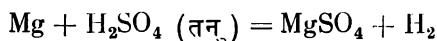
$$4Zn + NaNO_3 + 7NaOH + 6H_2O =$$
$$= 4Na_2[Zn(OH)_4] + NH_3$$

तथा प्रगलित धातुओं में संगत नाइट्राइटों तक:

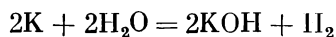
$$Zn + KNO_3 + 2KOH = K_2ZnO_2 + KNO_2 + H_2O$$

हैलोजेन के आक्सीअम्ल (उदाहरणतया, $HOCl$, $HClO_3$, $HBrO_3$) तथा उनके लवण, जब उपचायकों की भूमिका निभाते हैं, वे सामान्यत: हेलोजेन उपचयन अवस्था —1 (क्लोरीन तथा ब्रोमीन के लिये) या शून्य (आयोडीन के लिये) तक अपचयित हो जाता है:

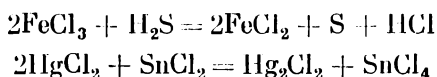
$$KClO_3 + 6FeSO_4 + 3H_2SO_4 =$$
$$= KCl + 3Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$
$$KBrO + MnCl_2 + 3KOH =$$

---

* इन अवस्थाओं में सामान्यत: HNO_3 अपचयन के उत्पादों का मिश्रण बनता है।

$$= KBr + MnO_2 + 2KCl + H_2O$$
$$HIO_3 + 5HI = 3I_2 + 3H_2O$$

3. हाइड्रोजन +1 उपचयन अवस्था में मुख्यत : अम्लों के विलयनों में उपचायक होता है (सामान्यत : उन धातुओं के साथ अभिक्रिया के दौरान, जो विद्युतवाहक श्रेणी में हाइड्रोजन से पहले होती हैं) :

$$Mg + H_2SO_4 \text{ (तनु)} = MgSO_4 + H_2$$

परंतु जल में हाइड्रोजन उपचायक हो सकता है जब जल प्रबल अपचायकों के साथ अभिक्रिया करता है :

$$2K + 2H_2O = 2KOH + H_2$$

4. धात्विक आयन उच्चतम उपचयन अवस्था में (जैसे, Fe^{3+},, Cu^{2+} व Hg^{2+}) उपचायकों की भूमिका निभाते समय निम्न उपचयन संख्या वाले आयनों में रूपांतरित हो जाते हैं :

$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + S + HCl$$
$$2HgCl_2 + SnCl_2 = Hg_2Cl_2 + SnCl_4$$

अपचायक

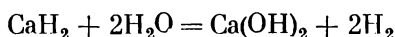
1. तात्विक पदार्थों में निम्न विशिष्ट अपचायक होते हैं : सक्रिय धातुएं (क्षारीय तथा क्षारीय-मृदा धातुएं, जिंक, ऐलुमिनियम, लौह आदि) कुछ अधातुएं जैसे, हाइड्रोजन, कार्बन (ग्रेफाइट या कोयले के रूप में), फास्फोरस व सिलिकन। अम्लीय विलयन में धातुएं धनात्मक आवेशित आयनों में उपचयित हो जाती हैं जबकि क्षारीय विलयन में उभयधर्मी हाइड्रोक्साइड बनाने वाली धातुएं (जैसे, जिंक, ऐलुमिनियम, टिन आदि) ऋणात्मक आवेशित ऋणायनों या हाइड्रक्सोमिश्रों का घटक बन जाती हैं।

कार्बन अक्सर CO या CO_2 में उपचयित हो जाता है तथा फास्फोरस प्रबल उपचायकों के साथ अभिक्रिया से H_3PO_4 में।

2. हाइड्रारहित अम्लों (HCl, HBr, HI, H_2S व उनके लवणों में ऋणायन अपचयन कार्य के वाहक होते हैं, जो उपचयित

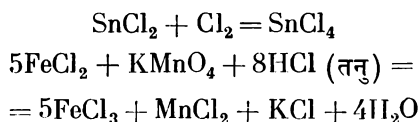
करने पर सामान्यत: तात्विक पदार्थ बनाते हैं। हैलाइड आयनों की श्रेणी में Cl^- से I^- तक अपचयन गुण बढ़ते जाते हैं।

3. जिन क्षारीय तथा क्षारीय-मृदा धातुओं में H^- आयन उपस्थित होता है, वे अपचयन गुण प्रदर्शित करती हैं तथा सरलता से मुक्त हाइड्रोजन तक उपचयित हो जाती हैं:

$$CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2$$

4. धातुएं निम्नतम उपचयन अवस्था में (आयन Sn^{2+}, Fe^{2+}, Cu^+, Hg_2^{2+} आदि) जब उपचायकों के साथ अभिक्रिया करती हैं, वे अपनी उपचयन संख्या बढ़ा सकती हैं:

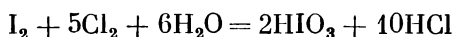
$$SnCl_2 + Cl_2 = SnCl_4$$

$$5FeCl_2 + KMnO_4 + 8HCl\ (\text{तनु}) =$$

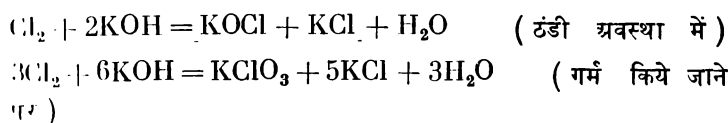
$$= 5FeCl_3 + MnCl_2 + KCl + 4H_2O$$

उपापचयन द्वैत

नीचे कुछ ऐसे विशिष्ट यौगिकों के उदाहरण दिये जा रहे हैं जो दोनों गुण – उपचयन और अपचयन प्रदर्शित कर सकते हैं।

1. उपचयन क्रिया का उत्तम वाहक होने के बावजूद भी आयोडीन स्वतंत्र अवस्था में प्रबल उपचायकों के साथ अभिक्रिया के दौरान अपचायक की भूमिका निभा सकता है, जैसे,

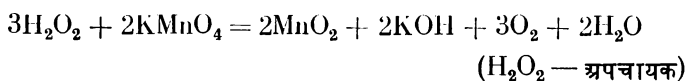
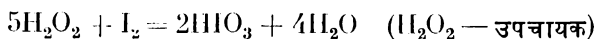
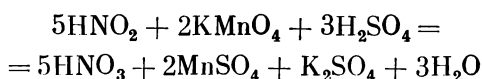
$$I_2 + 5Cl_2 + 6H_2O = 2HIO_3 + 10HCl$$

इसके अलावा क्षारीय माध्यम में फ्लुओरीन के अलावा बाकी सारे हैलोजेन असमानुपातन अभिक्रियाओं की क्षमता रखते हैं:

$Cl_2 + 2KOH = KOCl + KCl + H_2O$ (ठंडी अवस्था में)

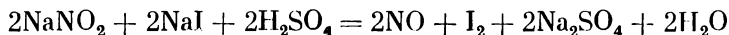
$3Cl_2 + 6KOH = KClO_3 + 5KCl + 3H_2O$ (गर्म किये जाने पर)

2. हाइड्रोजन पर आक्साइड H_2O_2 में आक्सीजन —1 अवस्था में होता है। अपचायकों की उपस्थिति में यह अपनी उपचयन संख्या —2 तक घटा सकता है तथा उपचायकों के साथ अभिक्रिया करके अपनी

उपचयन संख्या बढ़ा सकता है तथा मुक्त ग्राक्सीजन में रूपांतरित हो सकता है:

$$5H_2O_2 + I_2 = 2HIO_3 + 4H_2O \quad (H_2O_2 — \text{उपचायक})$$

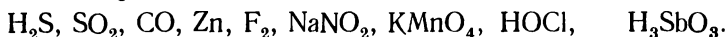
$$3H_2O_2 + 2KMnO_4 = 2MnO_2 + 2KOH + 3O_2 + 2H_2O$$
$$(H_2O_2 — \text{ग्रपचायक})$$

3. नाइट्रिक ग्रम्ल व नाइट्राइट, जो NO_2^- ग्रायन की कीमत पर ग्रपचायक की भूमिका निभाते हैं, नाइट्रिक ग्रम्ल या इसके लवणों तक उपचयित हो जाते हैं:

$$5HNO_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 =$$
$$= 5HNO_3 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O$$

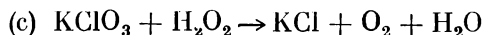
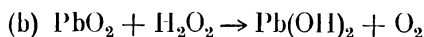
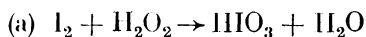
उपचायक की भूमिका निभाते समय NO_2^- ग्रायन प्राय: NO तक ग्रपचयित हो जाता है तथा प्रबल ग्रपचायकों के साथ ग्रभिक्रिया. करके – नाइड्रोजन की निम्न उपचयन ग्रवस्थाग्रों तक:

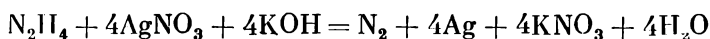
$$2NaNO_2 + 2NaI + 2H_2SO_4 = 2NO + I_2 + 2Na_2SO_4 + 2H_2O$$

प्रश्न

608. परमाणुग्रों की इलेक्ट्रान संरचना के ग्राधार पर बताइये कि निम्न उपचायक हो सकते हैं या नहीं: सोडियम परमाणु, सोडियम धनायन, ग्राक्सीजन —2 उपचयन ग्रवस्था में, ग्रायोडीन 0 उपचयन ग्रवस्था में, फ्लुग्रोराइड ग्रायन, हाइड्रोजन धनायन, नाइट्राइट ग्रायन व हाइड्राइड ग्रायन?

609. निम्न में से कौन कौनसे ग्रायन ग्रपचायक हो सकते हैं ग्रौर कौनसे क्यों नहीं हो सकते: Cu^{2+}, Sn^{2+}, Cl^-, VO_3^-, S^{2-}, Fe^{2+}, WO_4^{2-}, IO_4^-, Al^{3+}, Hg^{2+}, Hg_2^{2+}?

610. निम्न में से कौनसे पदार्थ कौनसे तत्वों की कीमत पर प्राय: उपयचन गुण प्रदर्शित करते हैं? इनमें से कौनसे उपापचयन द्वैत का गुण रखते हैं?
H_2S, SO_2, CO, Zn, F_2, $NaNO_2$, $KMnO_4$, HOCl, H_3SbO_3.

611. निम्न में से कौनसी अभिक्रियाओं में हाइड्रोजन उपचायक का कार्य करता है तथा कौनसी में—अपचायक का:

(a) $I_2 + H_2O_2 \rightarrow HIO_3 + H_2O$
(b) $PbO_2 + H_2O_2 \rightarrow Pb(OH)_2 + O_2$
(c) $KClO_3 + H_2O_2 \rightarrow KCl + O_2 + H_2O$
(d) $KMnO_4 + H_2O_2 \rightarrow MnO_2 + KOH + O_2 + H_2O$

612. निम्न में से कौनसी अभिक्रियाओं में हाइड्रोजन N_2H_4 उपचायक है तथा कौनसी में अपचायक है:

$$N_2H_4 + 4AgNO_3 + 4KOH = N_2 + 4Ag + 4KNO_3 + 4H_2O$$
$$N_2H_4 + Zn + 2KOH + 2H_2O = 2NH_3 + K_2[Zn(OH)_4]$$

प्रत्येक अवस्था में नाइट्रोजन की उपचयन संख्या कैसे बदलती है?

3. उपापचयन अभिक्रियाओं के समीकरणों का बनाना

उपापचयन अभिक्रियाओं के समीकरणों को बनाते समय निम्न क्रम का पालन करना चाहिये:

1. अभिक्रिया का आरेख बनाकर अभिकारक व उत्पाद दिखायें तथा उन तत्वों की पहचान करें जिनकी उपचयन संख्या अभिक्रिया के फलस्वरूप बदल जाती है, उपचायकों तथा अपचायकों को ढूंढ़ें।

2. उपचयन तथा अपचयन अर्धअभिक्रियाओं के आरेख बनाकर अभिकारकों व उन आयनों या अणुओं के उत्पाद दर्शायें, जो अभिक्रिया की अवस्थाओं में वास्तव में मौजूद होते हैं।

3. अर्धअभिक्रिया के समीकरण के बायें तथा दायें पक्षों में प्रत्येक तत्व के परमाणुओं की संख्या समान करें। याद रखें कि जलीय विलयनों में H_2O अणु व H^+ या OH^- आयन अभिक्रियाओं में भाग ले सकते हैं।

4. प्रत्येक अर्धअभिक्रिया के दोनों पक्षों में आवेशों की कुल संख्या समान करें; इसके लिये अर्धअभिक्रिया के बायें या दायें पक्ष में इलेक्ट्रानों की आवश्यक संख्या जोड़ दें।

5. अर्धअभिक्रिया के लिये घटक (मूल गुणांक) इस प्रकार छांटें कि उपचयन में खर्च इलेक्ट्रानों की संख्या अपचयन में प्राप्त इलेक्ट्रानों की संख्या के बराबर हो।

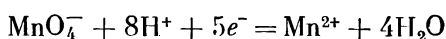
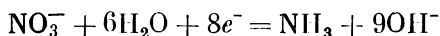
6. प्राप्त मूल गुणांकों को ध्यान में रखते हुए दोनों अर्धअभिक्रिया के समीकरणों का योग कर दें।

7. गुणांकों को अभिक्रिया के समीकरण में रख दें।

यह ध्यान रखना है कि जलीय विलयनों में अतिरिक्त आक्सीजन का मिलन तथा अपचायक द्वारा आक्सीजन का संलगन अम्लीय, उदासीन व क्षारीय विलयनों में विभिन्न प्रकार से होता है। अम्लीय विलयनों में अतिरिक्त आक्सीजन हाइड्रोजन आयनों के साथ मिलकर जल अणु बनाता है जबकि उदासीन व क्षारीय विलयनों में यह जल अणुओं के साथ मिलकर हाइड्रोक्साइड आयन बनाता है, जैसे:

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$$

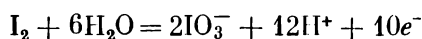
(अम्लीय विलयन)

$$NO_3^- + 6H_2O + 8e^- = NH_3 + 9OH^-$$

(उदासीन या क्षारीय विलयन)

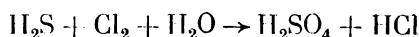
अम्लीय व उदासीन विलयनों में उपचायक जल अणुओं की कीमत पर आक्सीजन मिलाकर हाइड्रोजन आयन बनाते हैं और क्षारीय विलयनों में हाइड्रोक्साइड आयनों की कीमत पर जल अणु बनाते हैं, उदाहरणतया:

$$I_2 + 6H_2O = 2IO_3^- + 12H^+ + 10e^-$$

(अम्लीय या उदासीन विलयन)

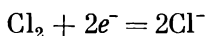
$$CrO_2^- + 4OH^- = CrO_4^{2-} + 2H_2O + 3e^-$$

(क्षारीय विलयन)

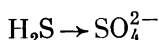
उदाहरण 1. आरेख

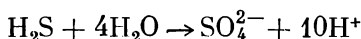
$$H_2S + Cl_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + HCl$$

पर आधारित हाइड्रोजन सल्फाइड को क्लोरीन जल द्वारा उपचयन का अभिक्रिया समीकरण पूरा करें।

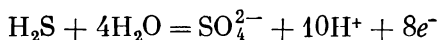
हल. अभिक्रिया के दौरान क्लोरीन की उपचयन संख्या 0 से घटकर —1 (क्लोरीन अपचयित होता है) हो जाती है तथा सल्फर की —2 से बढ़कर +6 (सल्फर उपचयित होता है)।

क्लोरीन की अपचयन अर्धअभिक्रिया का समीकरण निम्न है:

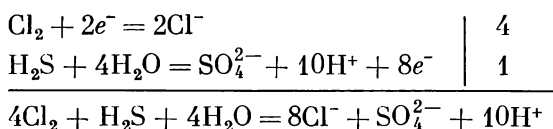
$$Cl_2 + 2e^- = 2Cl^-$$

सल्फर की उपचयन अर्धअभिक्रिया के समीकरण को बनाते समय हम निम्न आरेख की सहायता लेते हैं:

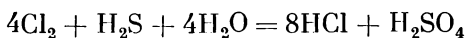
$$H_2S \rightarrow SO_4^{2-}$$

इस क्रिया के दौरान सल्फर परमाणु आक्सीजन के चार परमाणुओं के साथ अनुबंधित होता है जिनका स्रोत है जल के चार अणु। इसके परिणामस्वरूप आठ H^+ आयन बनते हैं तथा इनके अलावा दो और H^+ आयन H_2S अणु से बाहर निकल जाते हैं। इस प्रकार कुल मिलाकर दस हाइड्रोजन आयन बनते हैं:

$$H_2S + 4H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 10H^+$$

आरेख के बायें पक्ष में केवल अनावेशित कण हैं जबकि दायें पक्ष में आयनों का कुल आवेश +8 है। अत: उपचयक के फलस्वरूप आठ इलेक्ट्रान बाहर निकलते हैं:

$$H_2S + 4H_2O = SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^-$$

चूंकि क्लोरीन के अपचयन में प्राप्त इलेक्ट्रानों की संख्या और सल्फर के उपचयन में लगे इलेक्ट्रानों की संख्या के बीच 1:4 का अनुपात है, अत: अपचयन तथा उपचयन के अर्धअभिक्रिया के समीकरणों का योग करते समय हमें पहले में 4 की और दूसरे में 1 की गुणा करनी चाहिये:

$$\begin{array}{l|l} Cl_2 + 2e^- = 2Cl^- & 4 \\ H_2S + 4H_2O = SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^- & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$4Cl_2 + H_2S + 4H_2O = 8Cl^- + SO_4^{2-} + 10H^+$$

प्राप्त ममीकरण का आण्विक रूप निम्न हुआ :

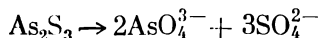
$$4Cl_2 + H_2S + 4H_2O = 8HCl + H_2SO_4$$

कभी-कभी एक अपचायक में दो उपचायक तत्व भी उपस्थित हो सकते हैं। इसका उदाहरण नीचे दे रहे हैं।

उदाहरण 2. आर्सेनिक (III) सल्फाइड का सान्द्रित नाइट्रिक अम्ल द्वारा उपचयन निम्न आरेख द्वारा घटता है : समीकरण को

$$As_2S_3 + HNO_3 \rightarrow H_3AsO_4 + H_2SO_4 + NO$$

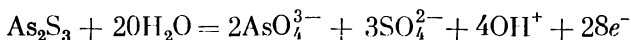
पूरा करें।

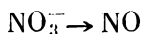
हल. अभिक्रिया के दौरान आर्सेनिक और सल्फर दोनों ही उपचयित हो जाते है : आर्सेनिक की उपचयन संख्या +3 से बढ़कर +5 हो जाती है तथा सल्फर की —2 से बढ़कर +6 । एक As_2S_3 अणु दो AsO_4^{3-} तथा तीन SO_4^{2-} आयनों में रूपांतरित हो जाता है :

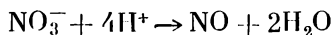
$$As_2S_3 \rightarrow 2AsO_4^{3-} + 3SO_4^{2-}$$

अम्लीय विलयन में जल के अणु इस क्रिया के लिये आवश्यक आक्सीजन देते हैं। दो AsO_4^{3-} आयनों के बनने के लिये जल के आठ अणु चाहियें तथा तीन SO_4^{2-} आयनों के लिये बारह अणु और चाहियें। इस प्रकार उपचयन की अर्धअभिक्रिया में जल के कुल बीस अणु भाग लेते हैं तथा हाइड्रोजन के चालीस आयन मुक्त होते हैं :

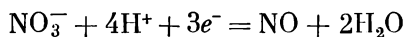
$$As_2S_3 + 20H_2O \rightarrow 2AsO_4^{3-} + 3SO_4^{2-} + 40H^+$$

आरेख के बायें पक्ष में आवेशित कण नहीं हैं तथा दायें पक्ष में कणों का कुल आवेश +28 है। इस प्रकार As_2S_3 के एक अणु के उपचयन के दौरान 28 इलेक्ट्रान बाहर निकलते हैं। उपचयन की अर्धअभिक्रिया का अंतिम समीकरण निम्न हुआ :

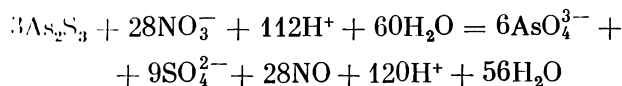
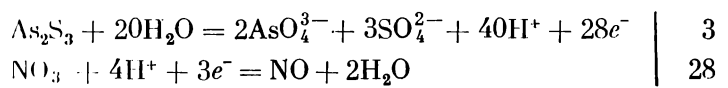
$$As_2S_3 + 20H_2O = 2AsO_4^{3-} + 3SO_4^{2-} + 40H^+ + 28e^-$$

नाइट्रोजन की अपचयन अर्धअभिक्रिया के समीकरण को बनाते समय हम निम्न आरेख को आधार बनाते हैं :

$$NO_3^- \rightarrow NO$$

इस क्रिया के दौरान अक्सीजन के दो परमाणु उत्सर्जित होते हैं जो अम्लीय विलयन में हाइड्रोजन के चार आयनों के साथ मिलकर जल के दो अणु बनाते हैं :

$$NO_3^- + 4H^+ \rightarrow NO + 2H_2O$$

आरेख के बायें पक्ष में आयनों का कुल आवेश +3 है और दायें पक्ष में आवेशित कण नहीं हैं। अत: अपचयन क्रिया में तीन इलेक्ट्रान भाग लेते हैं :

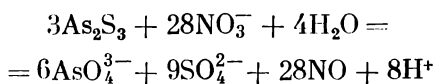
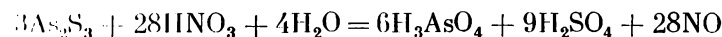
$$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- = NO + 2H_2O$$

उपापचयन में भाग ले रहे इलेक्ट्रानों की संख्या और अपचयन में भाग ले रहे इलेक्ट्रानों की संख्या के बीच 28 : 3 का अनुपात है। अत: अर्धअभिक्रिया के समीकरणों का योग करते समय, हम पहले में 3 की और दूसरे में 28 की गुणा कर देते हैं :

$$As_2S_3 + 20H_2O = 2AsO_4^{3-} + 3SO_4^{2-} + 40H^+ + 28e^- \quad \Big| \quad 3$$
$$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- = NO + 2H_2O \quad \Big| \quad 28$$

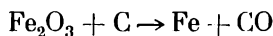
$$3As_2S_3 + 28NO_3^- + 112H^+ + 60H_2O = 6AsO_4^{3-} +$$
$$+ 9SO_4^{2-} + 28NO + 120H^+ + 56H_2O$$

समीकरण के दोनों पक्षों में समान सूत्रों को मिलाने पर हमें अंतिम समीकरण मिलता है :

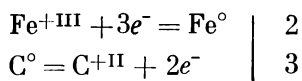
$$3As_2S_3 + 28NO_3^- + 4H_2O =$$
$$= 6AsO_4^{3-} + 9SO_4^{2-} + 28NO + 8H^+$$

या आण्विक रूप में :

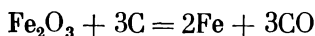
$$3As_2S_3 + 28HNO_3 + 4H_2O = 6H_3AsO_4 + 9H_2SO_4 + 28NO$$

जब उपापचयन अभिक्रिया जलीय विलयन (माध्यम) के बाहर घटती है, तब अर्धअभिक्रियाओं के समीकरणों को नहीं बनाते, केवल उपचयन और अपचयन में भाग ले रहे इलेक्ट्रानों की संख्या का कलन करते हैं।

उदाहरण 3. कोयले द्वारा लोहे (III) आक्साइड के अपचयन के समीकरण को बनाइये। अभिक्रिया निम्न आरेख के अनुसार घटती है :

$$Fe_2O_3 + C \rightarrow Fe + CO$$

<u>हल</u>. लौह अपचयित होता है—इसकी उपचयन संख्या +3 से घटकर 0 हो जाती है तथा कार्बन उपचयित होता है—इसकी उपचयन संख्या 0 से बढ़कर +2 हो जाती है। हम इन क्रियाओं की स्कीमों में तत्वों की उपचयन संख्याएँ रोमन अंकों द्वारा प्रदर्शित करते हैं (आयनों के आवेशों से भिन्न करने के लिये) :

$$\begin{array}{l|l} Fe^{+III} + 3e^- = Fe^\circ & 2 \\ C^\circ = C^{+II} + 2e^- & 3 \end{array}$$

उपचयन में भाग ले रहे इलेक्ट्रानों की संख्या और अपचयन में भाग ले रहे इलेक्ट्रानों की संख्या के बीच 3:2 का अनुपात है। अत: अभिक्रिया में लौह के हर दो परमाणु कार्बन के तीन परमाणुओं द्वारा अपचयित होते हैं।

अंत में हमें निम्न समीकरण प्राप्त होता है :

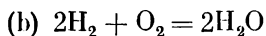
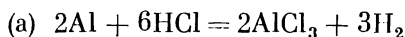
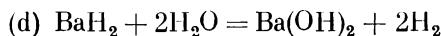
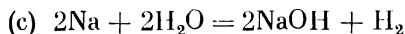
$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

प्रश्न

613. निम्न अभिक्रियाओं के लिये उपचयन और अपचयन अर्धअभिक्रियाओं के समीकरणों को बनाइये तथा निश्चित कीजिये कि किन स्थितियों में हाइड्रोजन उपचायक की भूमिका निभाता है और किन स्थितियों में—अपचायक की :

(a) $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$

(b) $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

(c) $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$

(d) $BaH_2 + 2H_2O = Ba(OH)_2 + 2H_2$

614. विलयन की अम्लता को ध्यान में रखते हुए उपचयन या अपचयन अर्धअभिक्रियाओं के समीकरणों को बनाइये :

(a) अम्लीय विलयन (b) उदासीन विलयन (c) क्षारीय विलयन

$NO_3 \rightarrow NO_2$ $NO_2^- \rightarrow NO_3^-$ $CrO_2^- \rightarrow CrO_4^{2-}$

$MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$ $MnO_4^- \rightarrow MnO_2$ $Al \rightarrow AlO_2^-$

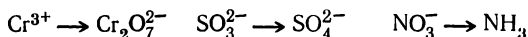
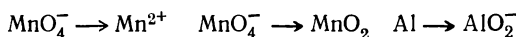
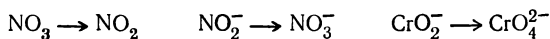
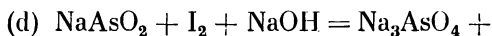
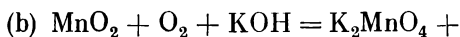
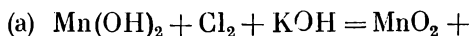
$Cr^{3+} \rightarrow Cr_2O_7^{2-}$ $SO_3^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$ $NO_3^- \rightarrow NH_3$

615. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें :

(a) $Mn(OH)_2 + Cl_2 + KOH = MnO_2 +$

(b) $MnO_2 + O_2 + KOH = K_2MnO_4 +$

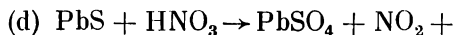
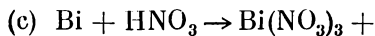
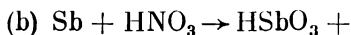
(c) $FeSO_4 + Br_2 + H_2SO_4 =$

(d) $NaAsO_2 + I_2 + NaOH = Na_3AsO_4 +$

616. निम्न अभिक्रियाओं में सान्द्रित नाइट्रिक अम्ल उपचायक का काम करता है। इनके समीकरणों को पूरा करें :

(a) $C + HNO_3 \rightarrow CO_2 +$

(b) $Sb + HNO_3 \rightarrow HSbO_3 +$

(c) $Bi + HNO_3 \rightarrow Bi(NO_3)_3 +$

(d) $PbS + HNO_3 \rightarrow PbSO_4 + NO_2 +$

617. निम्न अभिक्रियाओं में सान्द्रित सल्फ्यूरिक अम्ल उपचायक का काम करता है। इनके समीकरणों को पूरा करें :

(a) $HBr + H_2SO_4 \rightarrow Br_2 +$

(b) $S + H_2SO_4 \rightarrow SO_2 +$

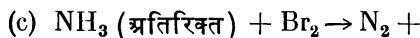
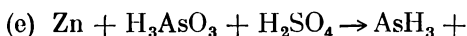
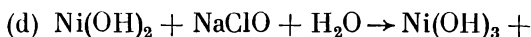
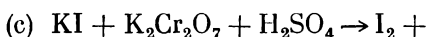
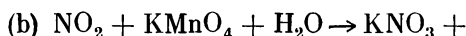
(c) $Mg + H_2SO_4 \rightarrow MgSO_4 +$

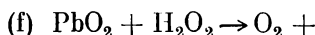
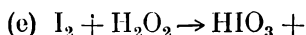
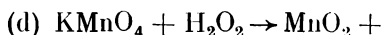
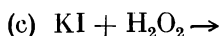
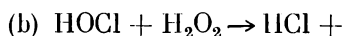
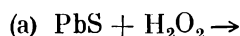
618. निम्न अभिक्रियाओं में उत्पादों को जोड़ने के लिये उपचायक

(या अपचायक) की अतिरिक्त मात्रा की जरूरत पड़ती है। इनके समीकरणों को पूरा करें :

(a) $HBr + KMnO_4 \rightarrow MnBr_2 +$
(b) $HCl + CrO_3 \rightarrow Cl_2 +$
(c) NH_3 (अतिरिक्त) $+ Br_2 \rightarrow N_2 +$
(d) $Cu_2O + HNO_3 \rightarrow NO +$

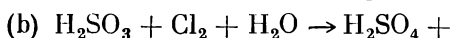
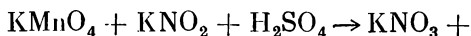
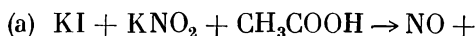
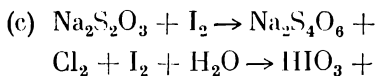
619. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें और उन्हें आयनी-आण्विक रूप में लिखें :

(a) $K_2S + K_2MnO_4 + H_2O \rightarrow S +$
(b) $NO_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow KNO_3 +$
(c) $KI + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow I_2 +$
(d) $Ni(OH)_2 + NaClO + H_2O \rightarrow Ni(OH)_3 +$
(e) $Zn + H_3AsO_3 + H_2SO_4 \rightarrow AsH_3 +$

620. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें और बतायें कि प्रत्येक स्थिति में हाइड्रोजन परआक्साइड कौनसी भूमिका निभाता है :

(a) $PbS + H_2O_2 \rightarrow$
(b) $HOCl + H_2O_2 \rightarrow HCl +$
(c) $KI + H_2O_2 \rightarrow$
(d) $KMnO_4 + H_2O_2 \rightarrow MnO_2 +$
(e) $I_2 + H_2O_2 \rightarrow HIO_3 +$
(f) $PbO_2 + H_2O_2 \rightarrow O_2 +$

621. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें। मध्यवर्ती उपचयन अवस्था में तत्वों के उपापचयन द्वैत पर ध्यान दें :

(a) $KI + KNO_2 + CH_3COOH \rightarrow NO +$
$KMnO_4 + KNO_2 + H_2SO_4 \rightarrow KNO_3 +$
(b) $H_2SO_3 + Cl_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 +$
$H_2SO_3 + H_2S \rightarrow S +$

(c) $Na_2S_2O_3 + I_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 +$

$Cl_2 + I_2 + H_2O \rightarrow HIO_3 +$

622. निम्न स्वत: उपचयन स्वत: अपचयन (असमानुपातन) अभिक्रियाओं को पूरा करें:

(a) $I_2 + Ba(OH)_2 \rightarrow Ba(IO_3)_2 +$

(b) $K_2SO_3 \rightarrow K_2S +$

(c) $HClO_3 \rightarrow ClO_2 +$

(d) $P_2O_3 + H_2O \rightarrow PH_3 +$

(e) $P + KOH + H_2O \rightarrow KH_2PO_2 + PH_3$

(f) $Te + KOH \rightarrow K_2TeO_3 +$

623. निम्न अत:अणुक उपापचयन अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें। प्रत्येक अवस्था में कौनसा परमाणु उपचायक की भूमिका निभाता है और कौनसा – अपचायक की?

(a) $CuI_2 \rightarrow CuI + I_2$

(b) $Pb(NO_3)_2 \rightarrow PbO + NO_2 +$

(c) $KClO_3 \rightarrow KCl +$

(d) $NH_4NO_2 \rightarrow N_2 +$

(e) $KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 +$

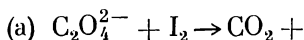
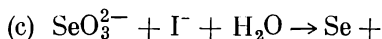
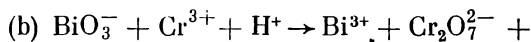
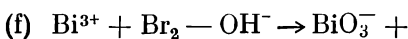
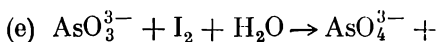
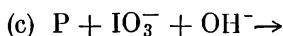
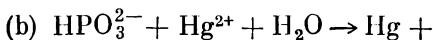
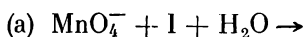
624. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें। यह बात ध्यान में रखें कि अपचायक में उपचायक तत्वों की संख्या दो है:

(a) $Cu_2S + HNO_3$ (सान्द्रित) $\rightarrow H_2SO_4 +$

(b) $FeS_2 + O_2 \rightarrow$

(c) $FeO \cdot Cr_2O_3 + K_2CO_3 + O_2 \rightarrow K_2CrO_4 + Fe_2O_3 +$

(d) $FeSO_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Fe(SO_4)_3 +$

625. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें और उन्हें आण्विक रूप में लिखें:

(a) $C_2O_4^{2-} + I_2 \rightarrow CO_2 +$

(b) $BiO_3^- + Cr^{3+} + H^+ \rightarrow Bi^{3+} + Cr_2O_7^{2-} +$

(c) $SeO_3^{2-} + I^- + H_2O \rightarrow Se +$

(d) $IO_3^- + SO_2 + H_2O \rightarrow$

626. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें और उन्हें आण्विक रूप में लिखें :

(a) $MnO_4^- + I + H_2O \rightarrow$

(b) $HPO_3^{2-} + Hg^{2+} + H_2O \rightarrow Hg +$

(c) $P + IO_3^- + OH^- \rightarrow$

(d) $PCl_3 + ClO_3^- + H_2O \rightarrow$

(e) $AsO_3^{3-} + I_2 + H_2O \rightarrow AsO_4^{3-} +$

(f) $Bi^{3+} + Br_2 - OH^- \rightarrow BiO_3^- +$

(g) $Sb^{3+} + Zn + H^+ \rightarrow SbH_3 +$

627. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें और उन्हें आयनी-आण्विक रूप में लिखें :

(a) $FeSO_4 + O_2 + H_2O \rightarrow$

(b) $P + KMnO_4 + H_2O \rightarrow KH_2PO_4 + K_2HPO_4 +$

(c) $Mn(NO_3)_2 + NaBiO_3 + HNO_3 \rightarrow HMnO_4 +$

(d) $FeS_2 + HNO_3$ (सान्द्रित) $\rightarrow H_2SO_4$

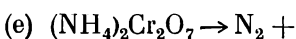
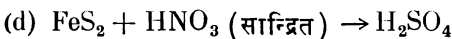
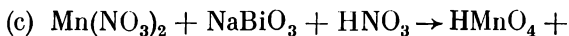
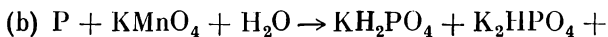
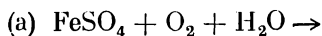
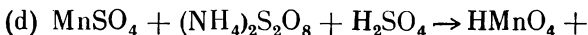
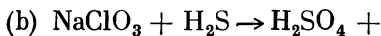
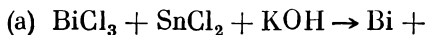
(e) $(NH_4)_2Cr_2O_7 \rightarrow N_2 +$

628. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें और उन्हें आयनी-आण्विक रूप में लिखें :

(a) $BiCl_3 + SnCl_2 + KOH \rightarrow Bi +$

(b) $NaClO_3 + H_2S \rightarrow H_2SO_4 +$

(c) $KCrO_2 + Br_2 + KOH \rightarrow$

(d) $MnSO_4 + (NH_4)_2S_2O_8 + H_2SO_4 \rightarrow HMnO_4 +$

4. अपचायकों और उपचायकों के तुल्य

अध्याय I में हम बता चुके हें कि पदार्थ का तुल्य इसकी उस मात्रा को कहते हें जो हाइड्रोजन के परमाणु के एक मोल के साथ व्यतिक्रिया करती है। अगर हाइड्रोजन अपचायक (या उपचायक) की भूमिका निभाता है, तो इसके परमाणुओं का 1 मोल इलेक्ट्रानों का 1 मोल निकालता (या मिलाता) है :

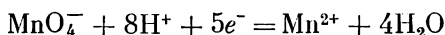
$$1/2H_2 = H^+ + \bar{e} \qquad 1/2H_2 + \bar{e} = H^-$$

अत : उपचायक (या अपचायक) का तुल्य उसकी उस मात्रा को कहते हें जो अपचयित (या उपचयित) होकर इलेक्ट्रानों के 1 मोल को मिलाती (या निकालती) है।

अत : किसी उपचायक (अपचायक) का तुल्य द्रव्यमान – उसका मोल द्रव्यमान (E) बटा एक अणु द्वारा मिलाये (या निकाले) इलेक्ट्रानों की संख्या

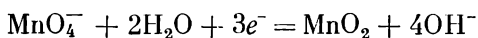
$$E = \frac{M}{n} \text{ ग्राम/मोल}$$

चूंकि एक ही पदार्थ द्वारा विभिन्न अभिक्रियाओं में निकाले (या मिलाये) इलेक्ट्रानों की संख्या विभिन्न हो सकती है, तो उसका तुल्य द्रव्यमान भी विभिन्न हो सकता है। उदाहरण के लिये, पोटेशियम परमैंगनेट $KMnO_4$ ($M = 158.0 g/mol$) विलयन की अम्लता के हिसाब से विभिन्न प्रकार से उपस्थित होता है। अम्लीय विलयन में अपचयन निम्न समीकरण के अनुसार घटता है :

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$$

यहाँ $n = 5$, $KMnO_4$ का तुल्य 1/5 मोल के बराबर है तथा उसका तुल्य द्रव्यमान

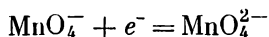
$$E = \frac{158.0}{5} = 31.6 \text{ g/mol}$$

उदासीन और क्षारीय विलयनों में अर्धअभिक्रिया के समीकरण का रूप निम्न होता है :

$$MnO_4^- + 2H_2O + 3e^- = MnO_2 + 4OH^-$$

अत: n=3, $KMnO_4$ का तुल्य 1/3 मोल के बराबर है, तथा

$$E = \frac{158.0}{3} = 52.7 \text{ g/mol}$$

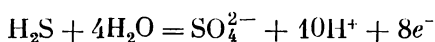
अंत में, प्रबल क्षारीय विलयन में $KMnO_4$ के अपचयन के दौरान

$$MnO_4^- + e^- = MnO_4^{2-}$$

n=1, $KMnO_4$ का तुल्य द्रव्यमान 1 मोल के बराबर है तथा

$$E = \frac{158.0}{1} = 158.0 \text{ g/mol}$$।

उदाहरण 1. हाइड्रोजन सल्फाइड के तुल्य और तुल्य द्रव्यमान का कलन करें, अगर वह सल्फ्यूरिक अम्ल तक उपचयित होता है।

हल. हाइड्रोजन सल्फाइड की उपचयन क्रिया का समीकरण निम्न है :

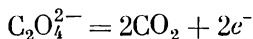
$$H_2S + 4H_2O = SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^-$$

चूंकि H_2S का एक अणु उपचयित होकर 8 इलेक्ट्रान देता है, तो हाइड्रोजन सल्फाइड का तुल्य 1/8 मोल के बराबर हुआ और

$$E = \frac{34.08}{8} = 4.26 \text{ g/mol}$$।

उदाहरण 2. अम्लीय विलयन में 50ml 0.2N पोटेशियम परमैंगनेट विलयन द्वारा अमोनियम आक्सेलेट $(NH_4)_2C_2O_4$ का कितना द्रव्यमान उपचयित किया जा सकता है?

हल. 1 लीटर पोटेशियम परमैंगनेट में $KMnO_4$ का 0.2 तुल्य उपस्थित है और 50ml विलयन में $0.2 \times 0.05 = 0.01$ तुल्य। तुल्यता नियम के अनुसार $KMnO_4$ की इतनी मात्रा के अपचयन के दौरान अपचायक की इतनी ही मात्रा उपचयित होगी।

हम $(NH_4)_2C_2O_4$ का तुल्य द्रव्यमान ज्ञात कर लेते हैं। उपचयन अर्धअभिक्रिया के समीकरण

$$C_2O_4^{2-} = 2CO_2 + 2e^-$$

से यह निष्कर्ष निकलता है कि

$$E = \frac{M}{n} = \frac{124.1}{2} = 62.05 \text{ g/mol}$$

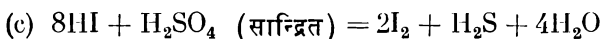
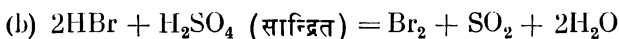
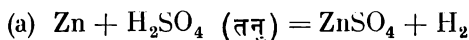
अत: $KMnO_4$ की उपलब्ध मात्रा से $62.05 \times 0.01 \times 0.62$g अमोनियम आक्सेलेट उपचयित किया जा सकता है।

प्रश्न

630. निम्न अभिक्रियाओं में H_2SO_4 के तुल्य द्रव्यमान का कलन करें:

(a) $Zn + H_2SO_4$ (तनु) $= ZnSO_4 + H_2$

(b) $2HBr + H_2SO_4$ (सान्द्रित) $= Br_2 + SO_2 + 2H_2O$

(c) $8HI + H_2SO_4$ (सान्द्रित) $= 2I_2 + H_2S + 4H_2O$

631. निम्न अपचायकों के तुल्य द्रव्यमानों का कलन करें: टिन (II) क्लोराइड; फास्फोरस अगर वह H_3PO_4 तक उपचयित हैं, हाइड्रोजन परआक्साइड, जो आण्विक आक्सीजन तक उपचयित होता है।

632. पोटेशियम परक्लोरेट $KClO_4$ के तुल्य और तुल्य द्रव्यमान का मान कितना होगा अगर वह

(a) क्लोरीन डाइआक्साइड,

(b) मुक्त क्लोरीन और

(c) क्लोरीन आयन तक अपचयित होता है?

633. अम्लीय विलयन में (a) $K_2Cr_2O_7$ व (b) $KMnO_4$ 1 मोल को अपचियित करने के लिये KI के कितने तुल्यों की आवश्यकता पड़ेगी?

634. एक ग्राम आयोडीन द्वारा हाइड्रोजन सल्फाइड की कितनी मात्रा मुक्त सल्फर तक उपचयित की जा सकती है?

635. 20ml 0.1N पोटेशियम परमैंगनेट विलयन द्वारा अम्लीय विलयन में लौह (III) सल्फेट की कितनी मात्रा उपचयित की जा सकती है?

636. 30ml 0.2N KNO_2 विलयन KI के अम्लित विलयन की अति मात्रा के साथ मिलाने के फलस्वरूप आयोडीन और नाइट्रोजन मोनोआक्साइड उत्सर्जित होती हैं। आयोडीन के द्रव्यमान और नाइट्रोजन मोनोआक्साइड के आयतन का कलन करें।

637. KIO_3 (e=1.052g/ml) के 10% विलयन की नार्मलता कितनी होगी अगर वह मुक्त आयोडीन तक अपचयित होता है?

638. लौह की एक पन्नी $CuSO_4$ विलयन में डूबी हुई है। अभिक्रिया के बाद पन्नी का द्रव्यमान 2gm बढ़ गया। विलयन से प्राप्त ताम्र का द्रव्यमान ज्ञात करें।

5. विद्युत ऊर्जा के रासायनिक स्रोत. इलेक्ट्रोड विभव

अगर एक उपापचयन अभिक्रिया इस प्रकार घटायी जाये कि उपचयन और अपचयन क्रियाएं दिक में पृथक हो जायें और इलेक्ट्रानों के अपचायक से उपचायक की ओर एक चालक (बाह्य परिपथ) के रास्ते प्रवाहित होने की संभावना बना दें तो बाह्य परिपथ में इलेक्ट्रानों का दिष्ट प्रवाह (एक विद्युत धारा) उत्पन्न होगा। रासायनिक उपापचयन अभिक्रिया की ऊर्जा विद्युत ऊर्जा में रूपांतरित हो जाती है। जिन साधनों में यह रूपांतरण घटता है, वे विद्युत ऊर्जा के रासायनिक स्रोत या गैल्वेनी सेल कहलाते हैं।

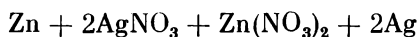
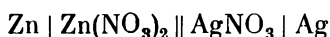
प्रत्येक गैल्वेनी सेल में दो इलेक्ट्रोड होते हैं—धातुएं। वे विद्युत-अपघट्यों के विलयनों में डूबी होती है:, दोनों विलयन एक दूसरे को स्पर्श करते हैं—इनके बीच संरध्र प्लेट लगी होती है। जिस इलेक्ट्रोड पर उपचयन होता है, वह धनाग्र कहलाता है तथा जिस इलेक्ट्रोड पर अपचयन होता है, वह ऋणाग्र कहलाता है।

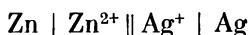
जब एक गैल्वेनी सेल आरेख के अनुसार निरूपित किया जाता है, तो धातु व विलयन के पृथक्करण की सीमा एक ऊर्ध्वाधर रेखा द्वारा तथा विद्युत अपघट्यों के विलयनों के पृथक्करण की सीमा

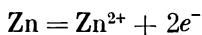
दोहरी ऊर्ध्वाधर रेखा द्वारा प्रदर्शित की जाती है। उदाहरण के लिये, एक गैल्वेनी सेल, जो निम्न अभिक्रिया के आधार पर कार्य करता है :

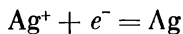
$$Zn + 2AgNO_3 + Zn(NO_3)_2 + 2Ag$$

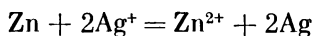
निम्न प्रकार से व्यक्त किया जाता है :

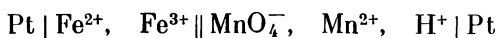
$$Zn \mid Zn(NO_3)_2 \parallel AgNO_3 \mid Ag$$

इस सेल को आण्विक रूप में भी लिख सकते हैं :

$$Zn \mid Zn^{2+} \parallel Ag^{+} \mid Ag$$

दी गयी स्थिति में धात्विक इलेक्ट्रोड अभिक्रिया में प्रत्यक्ष रूप से भाग लेते हैं। धनाग्र पर जिंक उपचयित होता है : .

$$Zn = Zn^{2+} + 2e^{-}$$

तथा आयनों के रूप में विलयन में आ जाता है ; ऋणाग्र पर रजत अपचयित होता है

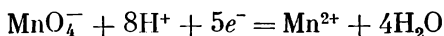
$$Ag^{+} + e^{-} = Ag$$

तथा धातु के रूप में जमा हो जाता है। इलेक्ट्रोड अभिक्रियाओं के समीकरणों का योग करने पर (प्राप्त हुए और व्यय हुए इलेक्ट्रानों की संख्या का हिसाब रख कर) हमें अभिक्रिया का नेट समीकरण प्राप्त हो जाता है :

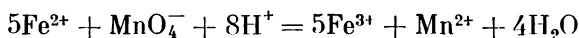
$$Zn + 2Ag^{+} = Zn^{2+} + 2Ag$$

कई बार इलेक्ट्रोड की धातु इलेक्ट्रोड क्रिया में परिवर्तित नहीं होती है। वह केवल पदार्थ के अपचयित रूप से उपचयित रूप तक इलेक्ट्रानों के रूपांतरण में भाग लेती है। जैसे, गैल्वेनी सेल

$$Pt \mid Fe^{2+}, \quad Fe^{3+} \parallel MnO_4^{-}, \quad Mn^{2+}, \quad H^{+} \mid Pt$$

में अक्रिय इलेक्ट्रोडों की भूमिका प्लैटिनम निभाता है। लौह (II) आक्साइड प्लैटिनम धनाग्र पर उपचयित होता है:

$$Fe^{2+} = Fe^{3+} + e^-$$

तथा मैंगनीज (VII) प्लैटिनम ऋणाग्र पर उपचयित होता है:

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn^{2+} + 4H_2O$$

प्रथम समीकरण में पांच की गुणा करके गुणनफल और दूसरे समीकरण का योग करने पर हमें अभिक्रिया का नेट समीकरण प्राप्त हो जाता है:

$$5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ = 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$$

गैल्वेनी सेल की वोल्टता का अधिकतम मान, जो प्रतिवर्ती अभिक्रिया के अनुरूप होता है, सेल का विद्युत-वाहक बल (e. m. F.) कहलाता है। अगर अभिक्रिया मानक परिस्थितियों में घटती है अर्थात् जब अभिक्रिया में भाग ले रहे पदार्थ अपनी मानक अवस्थाओं में होते हैं, तो प्राप्त e. m. F. उस सेल का मानक विद्युत-वाहक बल E° कहलाता है।

गैल्वेनी सेल का वि० वा० ब० दो इलेक्ट्रोड विभवों के अंतर के रूप में व्यक्त किया जा सकता है। प्रत्येक विभव एक इलेक्ट्रोड पर घट रही अर्धअभिक्रिया के अनुरूप होता है। उदाहरणतया, उक्त रजत-जिंक सेल के लिये वि० वा० ब० निम्न अंतर के बराबर है:

$$F = \varphi Ag - \varphi Zn$$

यहाँ φAg तथा φCn रजत और जिंक इलेक्ट्रोड पर घट रही इलेक्ट्रोड क्रियाओं के संगत विभव हैं।

वि० वा० ब० का कलन करते समय उच्च इलेक्ट्रोड विभव में से निम्न इलेक्ट्रोड विभव घटा देते हैं।

इलेक्ट्रोड क्रियाओं में भाग ले रहे पदार्थों की सान्द्रताओं पर तथा

तापमान पर इलेक्ट्रोड विभव की निर्भरता नेर्न्सट समीकरण द्वारा व्यक्त की जाती है :

$$\varphi = \varphi^{\circ} + \frac{2{\cdot}3RT}{zF} \log \frac{[\mathrm{Ox}]}{[\mathrm{Red}]}$$

यहाँ φ° मानक इलेक्ट्रोड विभव है ; R मोलर गैस स्थिरांक है ; T परम तापमान है ; F फैराडे स्थिरांक (96500c/mol) है ; z इलेक्ट्रोड क्रिया में भाग ले रहे इलेक्ट्रानों की संख्या है ; [Ox] व [Red] – क्रिया के उपचयन [Ox] तथा अपचयन [Red] रूपों में भाग लेने वाले पदार्थों की सान्द्रताओं के गुणनफल हैं।

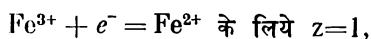
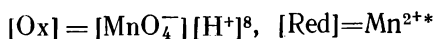
उदाहरण के लिये, इलेक्ट्रोड क्रिया

$Fe^{3+} + e^{-} = Fe^{2+}$ के लिये $z=1$,

$[Ox] = [Fe^{3+}]$ तथा $[Red]=[Fe^{2+}]$

अर्धअभिक्रिया

$MnO_4^{-} + 8H^{+} + 5e^{-} = Mn^{2+} + 4H_2O$ के लिये $z=5$,

$[Ox] = [MnO_4^{-}][H^{+}]^8$, $[Red]=Mn^{2+}$*

जब कोई क्रिया मानक परिस्थितियों में घटायी जाती है, तो अभिक्रिया में भाग लेने वाले सभी पदार्थों की सान्द्रताएं (सक्रियताएं) इकाई के बराबर होती हैं, जिससे नेर्न्सट समीकरण का लघुगणकीय भाग शून्य के बराबर हो जाता है, अत: समीकरण का रूप निम्न हो जाता है :

$$\varphi=\varphi^{\circ}$$

इस प्रकार इलेक्ट्रोड क्रिया में भाग लेने वाले सभी पदार्थों की सान्द्रता इकाई के बराबर होने पर जो विभव होता है उसे मानक इलेक्ट्रोड विभव कहते हैं।

---

*तनु विलयनों के लिये जल की सान्द्रता स्थिरांक मानी जा सकती है तथा इसे φ° में शामिल किया जा सकता है।

उपरोक्त इलेक्ट्रोड क्रियाओं के उदाहरण पर नेन्मर्ट ममीकरण में R, F व T के मान भरने पर 25°C (29K) पर हमें निम्न रूप प्राप्त होता है :

इलेक्ट्रोड	इलेक्ट्रोड क्रिया	नेर्न्सट समीकरण
Zn/Zn^{2+}	$Zn^{2+} + 2\bar{e} \rightleftharpoons Zn$	$\varphi = \varphi^{\circ} + \frac{0.059}{2} \log [Zn^{2+}]$
Ag/Ag^{+}	$Ag^{+} + \bar{e} \rightleftharpoons Ag$	$\varphi = \varphi^{\circ} + 0.059 \log [Ag^{+}]$
$Pt/Fe^{2+}, Fe^{3+}$	$Fe^{3+} + \bar{e} \rightleftharpoons Fe^{2+}$	$\varphi = \varphi^{\circ} + 0.059 \log \left[\frac{Fe^{3+}}{Fe^{2+}}\right]$
Pt/MnO_4^-,	$MnO_4^- + 8H^+ +$	$\varphi = \varphi^{\circ} + \frac{0.059}{5} \times$
Mn^{2+}, H^+	$+ 5\bar{e} \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$	$\log \frac{[MnO_4^-][H^+]^8}{]Mn^{2+}]}$

अंतिम उदाहरण में, जब इलेक्ट्रोड क्रिया में जल भाग लेता है, इलेक्ट्रोड विभव H^+ (या OH^-) आयनों की सान्द्रता अर्थात् विलयन के pH पर निर्भर करता है।

जिस मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड पर क्रिया इस प्रकार घटती है कि हाइड्रोजन आयनों की सक्रियता (सान्द्रता) इकाई के बराबर होती है (pH=0) तथा गैस हाइड्रोजन का आंशिक दाब, जो सप्रतिबंध रूप से इकाई के बराबर लिया है, मानक वायुमंडलीय दाब के बराबर होता है, उसे निदेर्श इलेक्ट्रोड माना है तथा इसका मानक विभव शून्य के बराबर लिया जाता है।

अगर हम H_2 का आंशिक दाब स्थिर रखते हुए विलयन में H^+ आयनों की सान्द्रता (सक्रियता) बदल दें, तो हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड का विभव परिवर्तित हो जायेगा और शून्य के बराबर नहीं रहेगा ; 25°C पर नेर्न्सट समीकरण के अनुसार इस विभव का मान निम्न अभिव्यक्ति. द्वारा निर्धारित किया जाता है :

$$\varphi = -0.059 \text{ pH} (H^+)$$

---

* इलेक्ट्रोड क्रियाओं के समीकरणों को अपचयन की दिशा में लिखने की प्रथा है (उन अवस्थाओं को छोड़ कर जब अपचयन क्रिया का खास तौर पर अध्ययन किया जाता है)।

श्रौर श्रगर सक्रियता गुणांक को न लें तब

$$\varphi = -0.059 \text{ pH}$$

विशेष रूप से, उदासीन विलयनों में (pH=7)

$$\varphi = -0.059 \times 7 \approx -0.41 \text{ V}$$

परिशिष्ट की सारणी 9 में विभिन्न विद्युत-रासायनिक प्रणालियों के लिये मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड के सानुपातिक मानक इलेक्ट्रोड विभवों φ° के मान दिये गये हैं। φ° का बीजगणितीय मान जितना कम होता है, संगत विद्युतरासायनिक प्रणाली के श्रपचायक गुण उतने ही ज्यादा प्रबल होते हैं; इसके विपरीत φ° का मान जितना उच्च होता है, प्रणाली के उपचयन गुण उतने ही ज्यादा प्रबल होते हैं।

यह मानते हैं कि गैल्वेनी सेल में इलेक्ट्रोड 1 श्रौर 2 हैं जिनके विभव φ_1 व φ_2 हैं तथा $\varphi_1 > \varphi_2$। इसका मतलब यह हुश्रा कि इलेक्ट्रोड 1 सेल का धन ध्रुव होगा तथा इलेक्ट्रोड 2 ऋण ध्रुव तथा इस सेल का वि० वा० ब० $\varphi_1 - \varphi_2$ के बराबर होगा। इलेक्ट्रोड 1 (ऋणाग्र) पर श्रपचयन श्रर्धश्रभिक्रिया घटेगी तथा इलेक्ट्रोड 2 (धनाग्र) पर उपचयन श्रर्धश्रभिक्रिया।

उदाहरण 1. एक गैल्वेनी सेल में धात्विक जिंक 0.1M जिंक नाइट्रेट विलयन में डूबा हुश्रा है तथा धात्विक लेड 0.02M लेड नाइट्रेट विलयन में। सेल के वि० वा० ब० का कलन करें, इलेक्ट्रोड क्रियाश्रों के समीकरण लिखें तथा सेल का श्रारेख बनायें।

हल. सेल का वि० वा० ब० ज्ञात करने के लिये हमें इलेक्ट्रोड विभवों का कलन करना चाहिये। इसके लिये हम परिशिष्ट की सारणी 9 से प्रणाली Zn^{2+}/Zn (—0.76v) तथा Pb^{2+}/Pb (—0.13v) के मानक इलेक्ट्रोड विभवों के मान ले कर नेर्न्सट समीकरण द्वारा φ के मान का कलन कर लेते हैं:

$$\varphi_{Zn} = -0.76 + \frac{0.059}{2} \log 0.1 =$$

$$= -0.76 + 0.030(-1) = -0.79 \text{ V}$$

$$\varphi_{Pb} = -0.13 + \frac{0.059}{2} \log 0.02 =$$

$$= -0.13 + 0.030(-1.7) = -0.18 \text{ V}$$

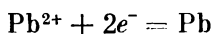
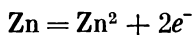
अब हम सेल का वि० वा० ब० ज्ञात कर लेते हैं :

$$E=\varphi_{Pb} - \varphi_{Zn} = -0.18 - (-0.79) = 0.61 \text{ V}$$

चूंकि $\varphi Pb > \varphi Zn$, तो अपचयन लेड इलेक्ट्रोड पर घटेगा अर्थात् यह ऋणाग्र होगा :

$$Pb^{2+} + 2e^- = Pb$$

उपचयन क्रिया

$$Zn = Zn^2 + 2e^-$$

जिंक इलेक्ट्रोड पर घटेगी अर्थात् यह धनाग्र होगा।

गैल्वेनी सेल का आरेख निम्न है :

$$^-Zn \mid Zn(NO_3)_2\,(0.1M) \parallel Pb(NO_3)_2\,(0.02M) \mid Pb^+$$

उदाहरण 2. $AgBr(Ksp=6\times10^{-13})$ के संतृप्त विलयन में रजत इलेक्ट्रोड के विभव का कलन करें। विलयन में पोटेशियम ब्रोमाइड का 0.1 mol/l भी उपस्थित है।

हल. प्रणाली Ag^+/Ag के लिये नेर्न्सट समीकरण लिख देते हैं :

$$\varphi = \varphi^\circ + 0.059 \log [Ag^+]$$

इस प्रणाली के लिये φ° का मान 0.80v है (परिशिष्ट की सारणी 9)। चूंकि पोटेशियम ब्रोमाइड को पूर्णतया वियोजित माना जा सकता है, तो $[Br^-]=0.1$mol/l। अब हम रजत आयनों की सान्द्रता ज्ञात कर लेते हैं :

$$[Ag^+] = \frac{K_{sp}\,(AgBr)}{[Br^-]} = \frac{6\times10^{-13}}{0.1} = 6\times10^{-12} \text{ mol/l}$$

अब हम φ° व $[Ag^+]$ के मान इलेक्ट्रोड विभव के समीकरण में भर देते हैं :

$$\varphi = 0.80 + 0.059 \log (6\cdot10^{-12}) = 0.80 +$$
$$+ 0.059\,(-12 + 0.78) = 0.80 + 0.059\,(-11.22) =$$
$$= 0.80 - 0.66 = 0.14 \text{ V}$$

उदाहरण 3. किसी विलयन में हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड विभव —82mV हैं। विलयन में H^+ आयनों की सक्रियता का कलन करें।

हल. समीकरण $\varphi = -0.059\ paH^+$ से

$$paH^+ = \frac{-\varphi}{0.059} = \frac{0.082}{0.059} = 1.39$$

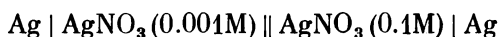
$$\text{अत:}\ -\log {}^aH^+ = 1.39$$

$$\log {}^aH^+ = -1.39 = \bar{2}.61$$

$$^aH^+ = 0.041\ \text{mol/l}$$

गैल्वेनी सेल केवल विभिन्न इलेक्ट्रोडों से ही नहीं, एक ही विद्युत-अपघट्य के विभिन्न सान्द्रताओं वाले विलयनों में डूबे समान इलेक्ट्रोडों से भी बनाया जा सकता है (सान्द्रता गैल्वेनी सेल)। इस सेल का वि० वा० ब० इसके इलेक्ट्रोडों के विभवों के अंतर के बराबर होता है।

उदाहरण 4. निम्न गैल्वेनी सेल का वि० वा० ब० निर्धारित करें:

$$Ag \mid AgNO_3\,(0.001M) \parallel AgNO_3\,(0.1M) \mid Ag$$

जब यह सेल काम कर रहा होता है, तब बाह्य परिपथ में इलेक्ट्रान किस दिशा में स्थानान्तरित होंगे?

हल. प्रणाली Ag^+/Ag का मानक इलेक्ट्रोड विभव 0.80v है। बायें इलेक्ट्रोड का विभव φ_1 तथा दायें का φ_2 मान कर हमें निम्न मान प्राप्त होते हैं:

$$\varphi_1 = 0.80 + 0.059 \log 0.001 = 0.80 + 0.059\,(-3) = 0.62\ V$$

$$\varphi_2 = 0.80 + 0.059 \log 0.1 = 0.80 - 0.59 = 0.74\ V$$

हम सेल के वि० वा० ब० का कलन करते हैं:

$$E = \varphi_2 - \varphi_1 = 0.74 - 0.62 = 0.12\ V$$

चूंकि $\varphi_1 < \varphi_2$, बायाँ इलेक्ट्रोड सेल का धन ध्रुव होगा तथा बाह्य परिपथ में इलेक्ट्रान बायें इलेक्ट्रोड से दायें इलेक्ट्रोड की ओर स्थानान्तरित होंगे।

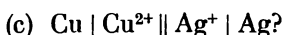
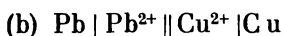
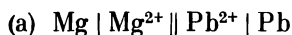
प्रश्न *

639. दो गैल्वेनी सेलों के आरेख बनाइये जिनमें से एक में कापर ऋणाग्र हो तथा दूसरे में धनाग्र हो। इन सेलों के काम करते समय घट रही अभिक्रियाओं के समीकरण लिखें तथा मानक वि० वा० ब० के मानों का कलन करें।

640. निम्न गैल्वेनी सेलों के बाह्य परिपथ में इलेक्ट्रान किस दिशा में स्थानान्तरित होंगे अगर सारे विद्युत-अपघट्य विलयन एक मोलीय है:

(a) $Mg \mid Mg^{2+} \parallel Pb^{2+} \mid Pb$

(b) $Pb \mid Pb^{2+} \parallel Cu^{2+} \mid Cu$

(c) $Cu \mid Cu^{2+} \parallel Ag^{+} \mid Ag$?

प्रत्येक अवस्था में कौनसी धातु विलीन होगी?

641. किसी गैल्वेनी सेल में रजत इलेक्ट्रोड 1M $AgNO_3$ विलयन में डूबा हुआ है तथा उसका दूसरा इलेक्ट्रोड मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड है। इलेक्ट्रोड क्रियाओं के समीकरण तथा सेल के काम करते समय घट रही अभिक्रिया के समीकरण लिखें। सेल का वि० वा० ब० कितना है?

642. किसी गैल्वेनी सेल में एक इलेक्ट्रोड मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड है तथा दूसरा लेड इलेक्ट्रोड 1M लेड लवण विलयन में डूबा हुआ है। इस सेल का वि० वा० ब० 126mv है। जिस समय परिपथ बंद होता है, बाह्य परिपथ में इलेक्ट्रान लेड से हाइड्रोजन इलेक्ट्रोडों की ओर स्थानान्तरित होते हैं। लेड इलेक्ट्रोड का विभव कितना है? सेल का आरेख बनाइये। इलेक्ट्रोडों पर कौनसी क्रियाएं घटती हैं?

643. Mg^{2+} आयन की सान्द्रताएं 0.1, 0.01 व 0.001mol/l होने पर मैगनीशियम लवण विलयन में मैगनीशियम के इलेक्ट्रोड़ विभवों का कलन करें।

---

*इस खंड के प्रश्नों को हल करते समय आवश्यकता पड़ने पर परिशिष्ट की सारणी 9 का प्रयोग किया जा सकता है।

644. हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड के विभव का कलन करें, अगर वह शुद्ध जल में डूबे ; विलयनों में डूबे, जिनके pH क्रमश : 3.5 तथा 10.7 हैं।

645. किसी जलीय विलयन में हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड का विभव –118mv है। इस विलयन में H^+ आयनों की सान्द्रता का कलन करें।

646. संतृप्त $PbBr_2$ विलयन में लेड इलेक्ट्रोड के विभव का कलन करें, अगर $[Br^-]=1 mol/l$ व

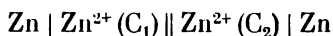
$$K_{sp}(PbBr_2) = 9.1 \times 10^{-6}$$

647. एक गैल्वेनी सेल में कापर और लेड इलेक्ट्रोड इन धातुओं के लवणों के 1M विलयनों में डूबे हुए हैं। सेल का वि० वा० ब० 0.47v है। अगर 0.001M विलयन लिये जायें, तो वि० वा० ब० परिवर्तित होगा या नहीं? अपने उत्तर के पक्ष में तर्क दें।

648. क्या ऐसा गैल्वेनी सेल बना सकते हैं जिसके बाह्य परिपथ में इलेक्ट्रान अधिक धनात्मक मानक विभव वाले इलेक्ट्रोड से अधिक ऋणात्मक मानक विभव वाले इलेक्ट्रोड की ओर स्थानान्तरित होते हों। अपने उत्तर की व्याख्या दें।

649. किसी गैल्वेनी सेल में एक इलेक्ट्रोड मानक जिंक इलेक्ट्रोड है और दूसरा क्रोमियम इलेक्ट्रोड विलयन में डूबा हुआ है, जिसमें Cr^{3+} आयन उपस्थित हैं। Cr^{3+} आयनों की सान्द्रता कितनी होने पर सेल का वि० वा० ब० शून्य होगा?

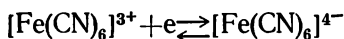
650. गैल्वेनी सेल

$$Zn \mid Zn^{2+}(C_1) \parallel Zn^{2+}(C_2) \mid Zn$$

के इलेक्ट्रोडों पर क्या क्रियाएं घटेंगी, अगर $C_1 < C_2$? बाह्य परिपथ में इलेक्ट्रान किस दिशा में स्थानान्तरित होते हैं?

651. किसी गैल्वेनी सेल में एक इलेक्ट्रोड मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड है और दूसरा हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड एक विलयन में डूबा हुआ है जिसका pH 12 है। सेल के काम करते समय किस इलेक्ट्रोड पर हाइड्रोजन उपचयित हो जायेगा और किस पर अपचयित? सेल के वि० वा० ब० का कलन करें।

652. किसी गैल्वेनी सेल में दो हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड हैं। सेल का वि० वा० ब० 272mV है। उस विलयन का pH कितना है जिसमें धनाग्र डूबा हुआ है अगर ऋणाग्र उस विलयन में डूबा हुआ है जिसका pH 3 है?

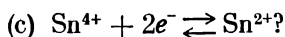
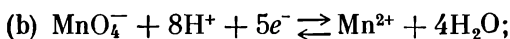
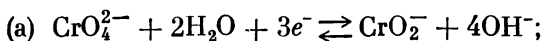
653. हमारे पास निम्न उपापचयन प्रणाली है:

$$[Fe(CN)_6]^{3+} + e \rightleftarrows [Fe(CN)_6]^{4-}$$

अपचयित और उपचयित रूपों की सान्द्रताओं का अनुपात कितना होने पर प्रणाली का विभव 0.28V होगा?

654. किन स्थितियों में इलेक्ट्रोड विभव विलयन के pH पर निर्भर करता है? निम्न विद्युत रासायनिक प्रणालियों के इलेक्ट्रोड विभव pH की वृद्धि के साथ किस प्रकार परिवर्तित होंगे:

(a) $CrO_4^{2-} + 2H_2O + 3e^- \rightleftarrows CrO_2^- + 4OH^-$;

(b) $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftarrows Mn^{2+} + 4H_2O$;

(c) $Sn^{4+} + 2e^- \rightleftarrows Sn^{2+}$?

अपने उत्तर के पक्ष में तर्क दें।

अपना ज्ञान परखिये

655. pH = 10 पर हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड का विभव कितना होता है?

(a)—0.59V; (b)—0.30V; (c) 0.30V; (d) 0.59V

656. जिंक इलेक्ट्रोड का विभव कितना परिवर्तित होगा, अगर जिंक लवण के विलयन को, जिसमें इलेक्ट्रोड डूबा हुआ है, 10 गुना तनु कर देते हैं? (a) 59mV बढ़ जायेगा; (b) 59mV घट जायेगा; (c) 30mV बढ़ जायेगा; (d) 30mV घट जायेगा।

657. हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड एक विलयन में डूबा हुआ है, जिसका pH शून्य के बराबर है। इलेक्ट्रोड का विभव कितना परिवर्तित होगा, अगर विलयन को इतना उदासीन करें कि pH सात के बराबर हो जाये?

(a) 59mV बढ़ जायेगा; (b) 0.41V बढ़ जायेगा; (c) 0.41V घट जायेगा; (d) 59mV घट जायेगा।

658. गैल्वेनी सेल $Pb|Pb^{2+}||Ag^{+}|Ag$ का वि० वा० ब० कैसे परिवर्तित होगा, अगर लेड आयनों वाले विलयन में हाइड्रोजन सल्फाइड मिला दें? ....

(a) बढ़ जायेगा; (b) घट जायेगा;

(c) अपरिवर्तित रहेगा।

659. निम्न में से कौनसी विधि द्वारा गैल्वेनी सेल $Pt, H_2 | HCl (C_1) || HCl (C_2) H_2$, **Pt** का वि० वा० ब० बढ़ाया जा सकता है?

(a) ऋणाग्र पर HCl की सान्द्रता घटा दें;

(b) धनाग्र पर HCl की सान्द्रता घटा दें;

(c) ऋणाग्र पर HCl की सान्द्रता बढ़ा दें;

(d) धनाग्र पर HCl की सान्द्रता बढ़ा दें।

660. गैल्वेनी सेल में दो हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड हैं जिनमें से एक मानक इलेक्ट्रोड है। उच्चतम वि० वा० ब० प्राप्त करने के लिये दूसरे इलेक्ट्रोड को निम्न में से कौनसे विलयन में डुबायें?

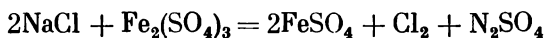
(a) 0.1M HCl; (b) 0.1M CH_3COOH^-, (c)0.1M H_3PO_4

6. उपापचयन अभिक्रिया की दिशा

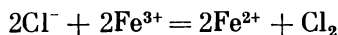
गैल्वेनी सेल के काम करते समय इलेक्ट्रोड विभव के अधिक उच्च मान वाली विद्युत रासायनिक प्रणाली उपचायक की भूमिका निभाती है तथा अधिक निम्न मान वाली – अपचायक की।

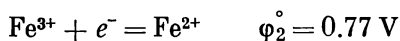
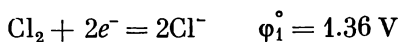
अन्य स्वत: प्रचलित प्रक्रियाओं की तरह गैल्वेनी सेल में अभिक्रिया घटते समय गिब्ज ऊर्जा कम होती है। परंतु इसका मतलब यह है कि अभिक्रिया कर रहे पदार्थों की प्रत्यक्ष व्यतिक्रिया से अभिक्रिया उसी दिशा में घटेगी। इस प्रकार प्रदत्त प्रणालियों के विद्युत विभवों की तुलना करते हुए उपापचयन अभिक्रिया की दिशा पहले से ही निश्चित की जा सकती है।

उदाहरण 1. अभिक्रिया

$$2NaCl + Fe_2(SO_4)_3 = 2FeSO_4 + Cl_2 + N_2SO_4$$

किस दिशा में स्वत: घट सकती है?

हल. आयनी आण्विक रूप में अभिक्रिया का समीकरण निम्न है:

$$2Cl^- + 2Fe^{3+} = 2Fe^{2+} + Cl_2$$

हम अभिक्रिया में भाग ले रही विद्युत रासायनिक प्रणालियों के मानक इलेक्ट्रोड विभव (परिशिष्ट की सारणी 9) लिख देते हैं:

$$Cl_2 + 2e^- = 2Cl^- \qquad \varphi_1^\circ = 1.36\ V$$
$$Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+} \qquad \varphi_2^\circ = 0.77\ V$$

चूंकि $\varphi_1^\circ > \varphi_2^\circ$, तो क्लोरीन उपचायक का काम करेगा और आयन Fe^{2+} अपचायक का। उपरोक्त अभिक्रिया दायीं तरफ से बायीं तरफ घटेगी।

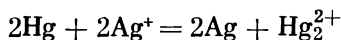
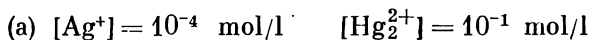
अंतिम उदाहरण में अभिक्रिया कर रही विद्युत–रासायनिक प्रणालियों के मानक इलेक्ट्रोड विभव काफी विभिन्न थे जिसके कारण प्रक्रिया के घटने की दिशा φ° के मानों के आधार पर निश्चित की गयी। जब φ° के मान, जिनकी तुलना की जा रही है, निकट होते हैं, तब अभिक्रिया में भाग ले रहे पदार्थों की सान्द्रता के अनुसार प्रक्रिया की दिशा परिवर्तित हो सकती है:

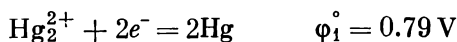
उदाहरण 2. अभिक्रिया में भाग ले रहे आयनों की सान्द्रताएं निम्न होने पर अभिक्रिया

$$2Hg + 2Ag^+ = 2Ag + Hg_2^{2+}$$

किस दिशा में स्वतः घट सकती है:

(a) $[Ag^+] = 10^{-4}$ mol/l $\qquad [Hg_2^{2+}] = 10^{-1}$ mol/l

(b) $[Ag^+] = 10^{-1}$ mol/l $\qquad [Hg_2^{2+}] = 10^{-4}$ mol/l

हल. हम अभिक्रिया कर रही विद्युत रासायनिक प्रणालियों के मानक इलेक्ट्रोड विभवों के मान लिख देते हैं:

$$Hg_2^{2+} + 2e^- = 2Hg \qquad \varphi_1^\circ = 0.79\ V$$
$$Ag^+ + e^- = Ag \qquad \varphi_2^\circ = 0.80\ V$$

अब हम उदाहरण के आंकड़ों में दी गयी सान्द्रताओं के लिये इलेक्ट्रोड विभवों के मानों का कलन करते हैं:

(a) $\varphi_1 = \varphi_1^\circ + \frac{0.059}{2} \log [Hg_2^{2+}] = 0.79 + 0.030 \log 10^{-1} =$

$= 0.79 - 0.03 = 0.76$ V

$\varphi_2 = \varphi_2^\circ + 0.059 \log [Ag^+] = 0.80 + 0.059 \log 10^{-4} =$

$= 0.80 - 0.24 = 0.56$ V

इस स्थिति में $\varphi_1 > \varphi_2$ तथा अभिक्रिया दायीं ओर से बायीं ओर घटेगी।

(b) $\varphi_1 = 0.79 + 0.030 \log 10^{-4} = 0.79 - 0.12 = 0.67$ V

$\varphi_2' = 0.80 + 0.059 \log 10^{-1} = 0.80 - 0.06 = 0.74$ V

अब $\varphi_1 < \varphi_2$ तथा अभिक्रिया बायीं ओर से दायीं ओर घटेगी।

गैल्वेनी सेल के मानक वि० वा० ब० E° का सेल में घट रही अभिक्रिया की गिब्ज ऊर्जा ΔG° के साथ निम्न संबंध होता है:

$$zFE^\circ = -\Delta G^\circ$$

यहाँ z अभिक्रिया में भाग ले रहे इलेक्ट्रानों की संख्या है तथा F फैरोडे स्थिरांक है।

दूसरी ओर ΔG° अभिक्रिया के संतुलन स्थिरांक के साथ निम्न समीकरण द्वारा संबंधित होता है:

$$\Delta G^\circ = -2.3\, RT \log K$$

अंतिम दो समीकरणों से निम्न परिणाम मिलता है:

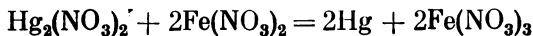
$$zFE^\circ = 2.3\, RT \log K$$

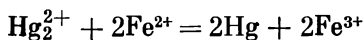
इस समीकरण की सहायता से मानक वि० वा० ब० के प्रायोगिक मान के अनुसार उपापचयन अभिक्रिया के संतुलन स्थिरांक का कलन कर सकते हैं।

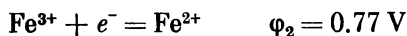
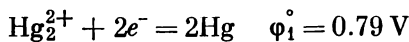
25°C(298K) के लिये अंतिम समीकरण में R[8.31J/(mol. K)] व F (96500c/mol) के मान भरने पर निम्न रूप प्राप्त होता है;

$$\log K = \frac{zE^\circ}{0.059}$$

उदाहरण 3. 25°C पर निम्न अभिक्रिया के लिये संतुलन स्थिरांक ज्ञात करें:

$$Hg_2(NO_3)_2 + 2Fe(NO_3)_2 = 2Hg + 2Fe(NO_3)_3$$

हल: अभिक्रिया का आयनी-आण्विक समीकरण निम्न है.

$$Hg_2^{2+} + 2Fe^{2+} = 2Hg + 2Fe^{3+}$$

अभिक्रिया में दो विद्युत रासायनिक प्रणालियां भाग लेती हैं:

$$Hg_2^{2+} + 2e^- = 2Hg \qquad \varphi_1^\circ = 0.79\ V$$
$$Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+} \qquad \varphi_2 = 0.77\ V$$

हम दिये गये सेल के मानक वि० वा० ब० का मान ज्ञात कर लेते हैं:

$$E^\circ = \varphi_1^\circ - \varphi_2^\circ = 0.79 - 0.77 = 0.02\ V$$

अब हम अभिक्रिया के संतुलन स्थिरांक का कलन करते हैं:

$$\log K = \frac{zE^\circ}{0.059} = \frac{2\times0.02}{0.059} = 0.678; \quad K = 4.76$$

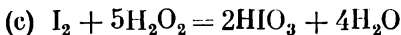
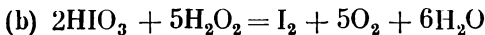
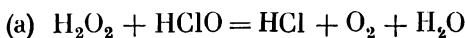
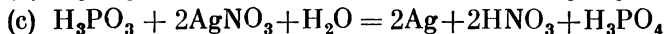
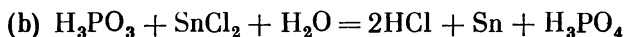
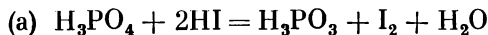
प्रश्न *

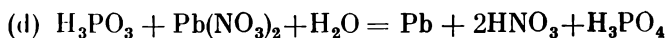
661. निम्न अभिक्रियाएं किस दिशा में स्वत: घट सकती हैं:

(a) $H_2O_2 + HClO = HCl + O_2 + H_2O$
(b) $2HIO_3 + 5H_2O_2 = I_2 + 5O_2 + 6H_2O$
(c) $I_2 + 5H_2O_2 = 2HIO_3 + 4H_2O$

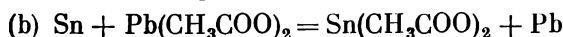
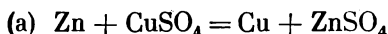
662. निम्न में से कौनसी अभिक्रयाएं स्वत: घट सकती हैं:

(a) $H_3PO_4 + 2HI = H_3PO_3 + I_2 + H_2O$
(b) $H_3PO_3 + SnCl_2 + H_2O = 2HCl + Sn + H_3PO_4$
(c) $H_3PO_3 + 2AgNO_3 + H_2O = 2Ag + 2HNO_3 + H_3PO_4$

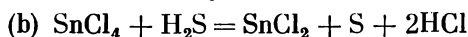
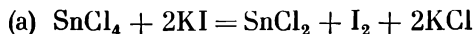
---

* इस खंड के प्रश्नों को हल करते समय मानक इलेक्ट्रोड विभवों के मानों का प्रयोग किया जा सकता है (परिशिष्ट की सारणी 9)।

(d) $H_3PO_3 + Pb(NO_3)_2 + H_2O = Pb + 2HNO_3 + H_3PO_4$

663. क्या जलीय विलयन में लौह (III) का लवण पोटेशियम ब्रोमाइड द्वारा लौह (II) के लवण में अपचयित किया जा सकता है?
(a) पोटेशियम ब्रोमाइड द्वारा?
(b) पोटेशियम आयोडाइड द्वारा?

664. मानक इलेक्ट्रोड विभवों की सारणी की सहायता से निम्न अभिक्रियाओं के लिये संतुलन स्थिरांकों का कलन करें:

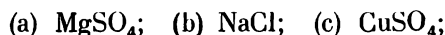
(a) $Zn + CuSO_4 = Cu + ZnSO_4$
(b) $Sn + Pb(CH_3COO)_2 = Sn(CH_3COO)_2 + Pb$

665. निम्न सेलों में घट रही अभिक्रियाओं के लिये संतुलन स्थिरांकों का कलन करें:
(a) कैडमियम-जिंक गैल्वेनी सेल;
(b) कापर-लेड गैल्वेनी सेल।

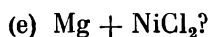
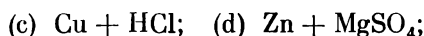
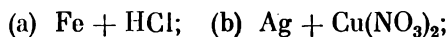
666. क्या टिन (IV) निम्न अभिक्रियाओं की सहायता से टिन (II) में अपचयित किया जा सकता है?

(a) $SnCl_4 + 2KI = SnCl_2 + I_2 + 2KCl$
(b) $SnCl_4 + H_2S = SnCl_2 + S + 2HCl$

अपने उत्तर की पुष्टि करने के लिये अभिक्रियाओं के संतुलन स्थिरांकों का कलन करें।

अपना ज्ञान परखिये

667. निकेल प्लेटें निम्न लवणों के जलीय विलयनों में डूबोयी गयी हैं। निकेल कौनसे लवणों के साथ अभिक्रिया करेगा?

(a) $MgSO_4$; (b) $NaCl$; (c) $CuSO_4$;
(d) $AlCl_3$; (e) $ZnCl_2$; (f) $Pb(NO_3)_2$

668. निम्न में से किन जोड़ो (धातु + जलीय विद्युत अपघट्य विलयन) के बीच स्थानान्तरण अभिक्रिया घटेगी:

(a) $Fe + HCl$; (b) $Ag + Cu(NO_3)_2$;
(c) $Cu + HCl$; (d) $Zn + MgSO_4$;
(e) $Mg + NiCl_2$?

669. H_2S के जलीय विलयन में अपचायक गुण विद्यमान हैं। निम्न में से कौनसे आयन इस विलयन द्वारा अपचयित किये जा सकते हैं:

(a) Fe^{3+} से Fe_2^+ तक; (b) Cu^+ से Cu^{2+} तक; (c) Sn^{2+} से Sn^{4+} तक?

670. ब्रोमीन जल (जल में ब्रोमीन का विलयन) प्रयोगशाला में अक्सर एक उपचायक के रूप में प्रयोग किया जाता है। निम्न में से कौनसे आयन ब्रोमीन जल द्वारा उपचयित किये जा सकते हैं:

(a) Fe^{2+} से Fe^{3+} तक; (b) Cu^+ से Cu^{2+} तक;

(c) Mn^{2+} से MnO_4^- तक; (d) Sn^{2+} से Sn^{4+} तक?

671. कापर (II) सल्फेट के विलयन की पोटेशियम क्लोराइड या पोटेशियम आयोडाइड के साथ अभिक्रिया करायी जाती है। किन अवस्थाओं में कापर (II) कापर में अपचयित हो जायेगा? (a) दोनों अवस्थाओं में (b) KCl के साथ अभिक्रिया कराने पर; (c) KI के साथ अभिक्रिया कराने पर; (d) किसी भी अवस्था में उपचयित नहीं होगा।

672. जब पोटेशयम परमैंगनेट के जलीय विलयन की रजत के साथ अभिक्रिया करायी जाती है, तो निम्न में से कौनसी अभिक्रियाएं स्वतः घट सकती हैं?

(a) $MnO_4^- + Ag = MnO_4^{2-} + Ag^+$

(b) $MnO_4^- + 3Ag + 2H_2O = MnO_2 + 3Ag^+ + 4OH^-$

(c) $MnO_4^- + 8H^+ + 5Ag = Mn^{2+} + 5Ag^+ + 4H_2O$

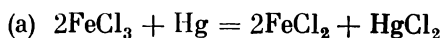
673. निम्न में से कौनसी अभिक्रियाएं उदासीन जलीय विलयन में स्वतः घट सकती हैं?

(a) $MnO_4^- + Cl^- \rightarrow MnO_2 + Cl_2$

(b) $MnO_4^- + Br^- \rightarrow MnO_2 + Br_2$

(c) $MnO_4^- + I^- \rightarrow MnO_2 + I_2$

674. एक जलीय विलयन में $[Hg^{2+}]=0.01 mol/l$ $[Fe^{3+}]=0.01 mol/l$, $[Fe^{2+}]=0.001 mol/l$ उपस्थित है।
इनमें से कौनसी अभिक्रिया घटेगी ?

$$\text{(a)}\ 2FeCl_3 + Hg = 2FeCl_2 + HgCl_2$$
$$\text{(b)}\ HgCl_2 + 2FeCl_2 = Hg + 2FeCl_3$$

7. विद्युत अपघटन

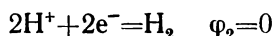
विद्युत अपघटन उन क्रियाओं का योग है, जो दो इलेक्ट्रोडों तथा विलयन या विद्युत-अपघट्य के विलयन से बनी रासायनिक प्रणाली से स्थिर वैद्युत धारा के प्रवाहित होने पर घटती हैं।

गैल्वेनी सेल की तरह विद्युत अपघटन में जिस इलक्ट्रोड पर अपचयन होता है, उसे ऋणाग्र कहते हैं तथा जिस पर उपचयन होता है, उसे धनाग्र कहते हैं।

अगर प्रणाली, जिसमें विद्युत अपघटन कराया जा रहा है, विभिन्न उपचायकों से पूर्ण है, तो ऋणाग्र पर वह उपचायक अपचयित होगा, जो सबसे ज्यादा सक्रिय होगा, अर्थात् विद्युत रासायनिक प्रणाली का उपचयित रूप जो इलक्ट्रोड विभव के उच्चतम मान के अनुकूल होता है। उदाहरणतया, आयनों H^+ व Ni^{2+} की मानक सान्द्रताओं पर निकैल लवण के अम्लीय जल विलयन के विद्युत अपघटन में ($[H^+]=[Ni^{2+}]=1 mol/l$) निकल आयन का अपचयन भी संभव है :

$$Ni^{2+}+2e^-=Ni \quad \varphi_1=-0.25V$$

और हाइड्रोजन आयन का भी :

$$2H^++2e^-=H_2 \quad \varphi_2=0$$

चूंकि $\varphi_1<\varphi_2$, तो इन परिस्थितियों में ऋणाग्र पर हाइड्रोजन उत्सर्जित होगा।

निकैल लवण के उदासीन जलीय विलयन (($[H^+]=10^{-7} mol/l$) के विद्युत अपघटन में ऋणाग्र-क्रिया दूसरी होगी। यहाँ हाइड्रोजन इलैक्ट्रोड का विभव $\varphi_3=-0.41V$। इस स्थिति में

निकैल आयन की उक्त सान्द्रताओं (1mol/l) पर $\varphi_1 > \varphi_3$ तथा ऋणाग्र पर निकैल जमा होगा।

उक्त उदाहरण यह बताता है कि जिन लवणों की अभिक्रिया उदासीन के समीप होती है, उनके जलीय विलयनों के विद्युत अपघटन में ऋणाग्र पर वे धातुएं अपचयित होती हैं, जिनके इलैक्ट्रोड विभव —0.41v की तुलना में काफी अधिक धनात्मक होते हैं। अगर धातु का विभव —0.41v की तुलना में काफी अधिक ऋणात्मक है, तो ऋणाग्र* पर हाइड्रोजन उत्सर्जित होता है। धातु के इलैक्ट्रोड विभव के मान —0.41v के निकट होने पर दोनों बातें संभव हैं – धातु का अपचयन तथा हाइड्रोजन का उत्सर्जन, जो धातु के लवण की सान्द्रता तथा विद्युट अपघटन की परिस्थितियों पर निर्भर करती हैं।

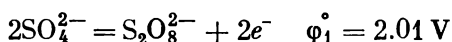
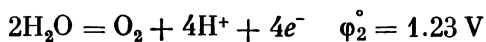
इसी प्रकार अगर प्रणाली, जिसमें विद्युत अपघटन कराया जा रहा है, बहुत सारे अपचायकों से पूर्ण है, तो धनाग्र पर वह अपचायक उपचयित होगा, जो सब से ज्यादा सक्रिय होगा, अर्थात् उस विद्युत रासायनिक प्रणाली का अपचयित रूप होगा जो इलेक्ट्रोड विभव के निम्नतम मान द्वारा व्यक्त किया जाता है।

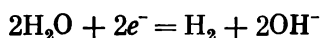
उदाहरण के लिये, कापर सल्फेट के जलीय विलयन के निष्क्रिय इलेक्ट्रोडों (जैसे, कार्बन) के साथ विद्युत अपघटन में धनाग्र पर दोनों सल्फेट आयन उपचयित हो सकते हैं:

$$2SO_4^{2-} = S_2O_8^{2-} + 2e^- \quad \overset{\circ}{\varphi}_1 = 2.01\ V$$

और जल** भी:

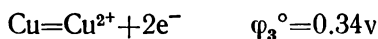
$$2H_2O = O_2 + 4H^+ + 4e^- \quad \overset{\circ}{\varphi}_2 = 1.23\ V$$

---

*यह ध्यान रखना चाहिये कि उदासीन या क्षारीय विलयनों के विद्युत अपघटन में ऋणाग्र पर हाइड्रोजन के उत्सर्जन का कारण जल का विद्युत-रासायनिक अपचयन होता है:

$$2H_2O + 2e^- = H_2 + 2OH^-$$

**क्षारीय विलयनों में धनाग्र पर आक्सीजन के उत्सर्जन का कारण निम्न क्रिया होती है:

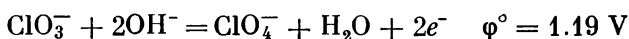
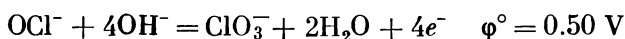
$$4OH^- = O_2 + 2H_2O + 4e^-$$

चूंकि $\varphi_2^\circ \ll \varphi_1^\circ$ तो संभव क्रियाओं में से दूसरी क्रिया इस परिस्थिति में घटेगी और धनाग्र पर आक्सीजन उत्सर्जित होगा। अगर अक्रिय इलैक्ट्रोड की जगह कापर इलैक्ट्रोड इस्तेमाल करें, तो एक और उपचयन क्रिया – कापर की धनात्मक विलीनता, संभव हो जाती है:

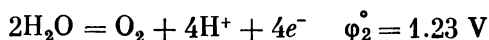
$$Cu = Cu^{2+} + 2e^- \qquad \varphi_3^\circ = 0.34 v$$

अन्य धनाग्र क्रियाओं ($\varphi_3^\circ \ll \varphi_1$ व $\varphi_3^\circ \ll \varphi_2^\circ$) की तुलना में इस क्रिया में इलैक्ट्रोड विभव का मान निम्न होता है। अत: प्रदत्त परिस्थितियों में धनाग्र पर कापर उपचयित होगा।

नाइट्रेटों, परक्लोरेटों व फास्फेटों के जलीय विलयनों के विद्युत अपघटन में, सल्फेटों की तरह प्राय: जल धनाग्र पर उपचयित होता है तथा मुक्त आक्सीजन बनता है। परंतु आक्सीजन वाले ऋणायनों पर उनके लवणों के जलीय विलयनों के विद्युत अपघटन में धनाग्र उपचयन घट सकता है। जैसे, कुछ क्लोरीन अम्लों के लवणों के क्षारीय विलयन के विद्युत अपघटन में निष्क्रिय धनाग्र पर घट रही क्रियाएं:

$$OCl^- + 4OH^- = ClO_3^- + 2H_2O + 4e^- \qquad \varphi^\circ = 0.50 \text{ V}$$

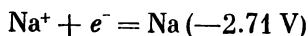
$$ClO_3^- + 2OH^- = ClO_4^- + H_2O + 2e^- \qquad \varphi^\circ = 1.19 \text{ V}$$

क्लोराइडों के जलीय विलयनों के विद्युत अपघटन में निष्क्रिय धनाग्र पर दो क्रियाएं संभव होती हैं:

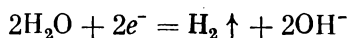
$$2Cl^- = Cl_2 + 2e^- \qquad \varphi^\circ = 1.36 \text{ V}$$

$$2H_2O = O_2 + 4H^+ + 4e^- \qquad \varphi_2^\circ = 1.23 \text{ V}$$

हालांकि यहाँ $\varphi_1^\circ > \varphi_2^\circ$ परंतु यहाँ केवल प्रथम क्रिया घटती है (क्लोराइड आयन का उपचयन)। यह दूसरी क्रिया की अधिवोल्टता के साथ संबंधित है: धनाग्र का माल इसके घटने में बाधा डालता है।

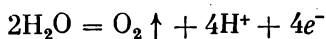
उदाहरण 1. सोडियम सल्फेट के जलीय विलयन के निष्क्रिय धनाग्र के साथ विद्युत अपघटन में घट रही क्रियाओं के समीकरण लिखिये।

<u>हल</u>. प्रणाली

$$Na^+ + e^- = Na\,(-2.71 \text{ V})$$

का मानक इलेक्ट्रोड विभव (—2.71V) उदासीन जलीय माध्यम में हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड के विभव (—0.41V) की तुलना में काफी अधिक ऋणात्मक है। अतः जल का विद्युतरासायनिक अपचयन ऋणाग्र पर होगा, जिसके फलस्वरूप हाइड्रोजन उत्सर्जित होगा :

$$2H_2O + 2e^- = H_2\uparrow + 2OH^-$$

तथा स्थानन्तरित हो रहे आयन Na^+ उसके साथ वाले विलयन के भाग में जमा होने लगेंगे।

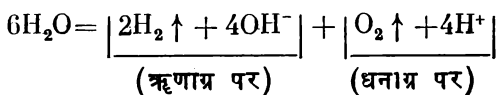
जल का विद्युत रासायनिक उपचयन धनाग्र पर होगा, जिसके फलस्वरूप आक्सीजन उत्सर्जित होगा :

$$2H_2O = O_2\uparrow + 4H^+ + 4e^-$$

चूंकि इस प्रणाली का संगत मानक इलैक्ट्रोड विभव (1.23v) प्रणाली

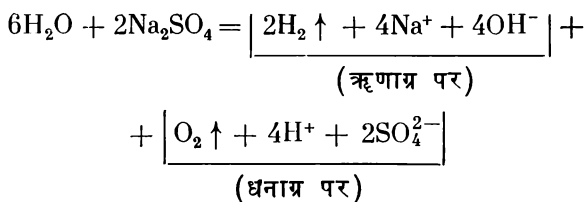
$$2SO_4^{2-} = SO_2O_8^{2-} + 2e^-$$

के मानक इलैक्ट्रोड विभव (2.01v) की तुलना में काफी निम्न है, विद्युत अपघटन में SO_4^{2-} आयन, जो धनाग्र की ओर स्थानान्तरित होते हैं, धनाग्र के व्यास में जमा हो जायेंगें।

ऋणाग्र क्रिया के समीकरण में दो की गुणा करके इसमें धनाग्र क्रिया के समीकरण का योग करने पर हमें विद्युत अपघटन की क्रिया का संकलित समीकरण प्राप्त होता है :

$$6H_2O = \underbrace{\left|2H_2\uparrow + 4OH^-\right|}_{\text{(ऋणाग्र पर)}} + \underbrace{\left|O_2\uparrow + 4H^+\right|}_{\text{(धनाग्र पर)}}$$

इस बात का ध्यान रखते हुए, कि एक ही समय पर आयन Na^+ ऋणाग्र व्योम में और आयन SO_4^{2-} धनाग्र व्योम में जमा होते हैं, इस क्रिया का संकलित समीकरण निम्न रूप में लिखा जा सकता है :

$$6H_2O + 2Na_2SO_4 = \underbrace{\left| 2H_2\uparrow + 4Na^+ + 4OH^- \right|}_{\text{(ऋणाग्र पर)}} +$$

$$+ \underbrace{\left| O_2\uparrow + 4H^+ + 2SO_4^{2-} \right|}_{\text{(धनाग्र पर)}}$$

इस प्रकार एक ही समय पर सोडियम हाइड्रोक्साइड (ऋणाग्र व्योम में) तथा सल्फ्यूरिक अम्ल (धनाग्र व्योम में) बनेंगे तथा हाइड्रोजन और आक्सीजन उत्सर्जित होंगे।

विद्युत अपघटन के मात्रात्मक गुण फैराडे नियम द्वारा निश्चित किये जाते हैं। इन नियमों को निम्न प्रकार से व्यक्त किया जा सकता है: विद्युत अपघटन में रूपान्तरित विद्युत-अपघट्य का द्रव्यमान तथा इलैक्ट्रोडों पर जमा हुए पदार्थों के द्रव्यमान विलयन या गलन में प्रवाहित विद्युत की मात्रा तथा संगत पदार्थों के तुल्य द्रव्यमानों के अनुक्रमानुपाती होते हैं।

फैराडे के नियम को निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त करते हैं:

$$m = \frac{EIt}{F}$$

यहाँ m उस पदार्थ का द्रव्यमान है जो बना है या रूपान्तरित हुआ है; E इसका तुल्य द्रव्यमान है; I – विद्युत धारा है, t समय है तथा F फैरोडे स्थिरांक (96500 C/mol) अर्थात् पदार्थ के एक तुल्य के विद्युत रासायनिक रूपानतरण के लिये आवश्यक विद्युत की मात्रा है।

उदाहरण 2. 2.5A शक्ति वाली विद्युत धारा एक विद्युत-अपघट्य विलयन में से गुजर कर 30 मिनट में 2.77g धातु उत्सर्जित करती है। धातु का तुल्य द्रव्यमान ज्ञात करें।

हल. हम फैराडे के नियम के उस समीकरण को हल करते हैं जो धातु के तुल्य द्रव्यमान के साथ संबंधित होता है और इस समीकरण में उदाहरण के आंकड़े

$$(m = 2.77\ g; \quad I = 2.5A; \quad t = 30 \text{ मिनट} = 1800 \text{ सेकंड})$$

भर देते हैं :

$$E=\frac{mF}{It}=\frac{2.77\times96500}{2.5\times1800}=59.4 \text{ g/mol}$$

उदाहरण 3. 6A शक्ति वाली विद्युत धारा 1.5 घंटे तक सल्फ्यूरिक अम्ल के जलीय विलयन में से गुजारी गयी। वियोजित जल के द्रव्यमान तथा मुक्त हुई आक्सीजन और हाइड्रोजन के आयतनों (सामान्य परिस्थितियों में) का कलन करें।

हल : हम फैराडे के नियम के समीकरण की सहायता से वियोजित जल का द्रव्यमान ज्ञात कर लेते हैं और इस बात का ध्यान रखते हैं कि 1.5 घंटा=5400 सेकंड तथा

$m_{eq}(H_2O) = 9 \text{ g/mol}$

$$(mH_2O)=\frac{m_{eq}It}{F}=\frac{9\times6\times5400}{96500}=3.02 \text{ g}$$

उत्सर्जित गैसों के आयतनों का कलन करते समय फैराडे के नियम के समीकरण को निम्न प्रकार से लिख सकते हैं :

$$V=\frac{V_E It}{F}$$

यहाँ V उत्सर्जित गैस का आयतन है – लीटरों में ; V_E तुल्य द्रव्यमान (l/mol) है।

चूंकि सामान्य परिस्थितियों में हाइड्रोजन का तुल्य आयतन 11.2 l/mol है तथा आक्सीजन का 5.6 l/mol तो हमें निम्न परिणाम प्राप्त होते हैं :

$$V=(H_2)=\frac{11.2\times6\times5400}{96500}=3.76 \text{ लीटर}$$

$$V(O_2)=\frac{5.6\times6\times5400}{96500}=1.88 \text{ लीटर}$$

प्रश्न *

675. निष्क्रिय इलेक्ट्रोडों के साथ NaOH व $NiCl_2$ के गलनों के विद्युत ग्रपघटन में घट रही क्रियाओं के समीकरणों को बनाइये।

676. प्लैटिनम इलेक्ट्रोडों के साथ H_2SO_4, $CuCl_2$, व $Pb(NO_3)_2$ के जलीय विलयनों के विद्युत ग्रपघटन के ग्रारेख बनाइये।

677. कार्बन इलेक्ट्रोडों के साथ $BaCl_2$ व $Pb(NO_3)_2$ के जलीय विलयनों के विद्युत ग्रपघटन में घट रही इलेक्ट्रोड क्रियाओं के समीकरण लिखिये।

678. निष्क्रिय इलेक्ट्रोड के साथ $FeCl_3$ व $Ca(NO_3)_2$ के जलीय विलयनों के विद्युत ग्रपघटन में घट रही इलेक्ट्रोड क्रियाओं के समीकरण लिखें।

679. जिंक क्लोराइड के जलीय विलयन के विद्युत ग्रपघटन के ग्रारेख बनाइये ग्रगर (a) धनाग्र जिंक का बना है व (b) धनाग्र कार्बन का बना है।

680. कापर सल्फेट के जलीय विलयन के विद्युत ग्रपघटन के ग्रारेख बनाइये ग्रगर (a) धनाग्र कापर का बना है व (b) धनाग्र कार्बन का बना है।

681. किसी विलयन में निकैल, रजत व कापर सल्फेट समान सान्द्रता में उपस्थित हैं। विलयन के विद्युत ग्रपघटन में धातुएं किस क्रम से उत्सर्जित होंगी?

682. किसी विलयन में Fe^{2+}, Ag^+, Bi^{3+} व Pb^{2+} ग्रायन समान सान्द्रता में उपस्थित हैं। विद्युत ग्रपघटन में ग्रायन किस क्रम से उत्सर्जित होंगे ग्रगर किसी भी धातु के उत्सर्जन के लिये वोल्टता पर्याप्त है?

683. तनु KNO_3 विलयन के विद्युत ग्रपघटन में कापर इलेक्ट्रोडों पर घट रही क्रियाओं का ग्रारेख बनाइये।

---

* इस खंड के प्रश्नों को हल करते समय ग्रावश्यकता पड़ने पर मानक इलेक्ट्रोड विभवों के मान इस्तेमाल किये जा सकते हैं (परिशिष्ट की सारणी 9)

684. हमारे पास एक विलयन है जिसमें KCl व $Cu(NO_3)_2$ उपस्थित हैं। वस्तुत: शुद्ध KNO_3 प्राप्त करने का सबसे सरल तरीका बताइये।

685. वि० वा० श्रेणी में निकेल हाइड्रोजन से पहले आता है। बताइये कि निकेल का इसके लवणों के जलीय विलयनों से विद्युत आपघटनी उत्सर्जन संभव क्यों होता है?

686. अपरिष्कृत कापर में सिल्वर और जिंक के अधिमिश्रण उपस्थित हैं। कापर के वैद्युत अपघटनी परिष्करण में इन अधिमिश्रणों के साथ क्या घटना घटेगी?

687. $CuCl_2$ विलयन के विद्युत अपघटन में धनाग्र पर 560ml गैस उत्सर्जित हुई (सामान्य परिस्थितियों में)। ऋणाग्र पर जमा हुए कापर का द्रव्यमान ज्ञात करें।

688. 6A बल की वैद्युत धारा 30 मिनट तक सिल्वर नाइट्रेट विलयन में से गुजारने पर सिल्वर की कितनी मात्रा जमा होगी?

689. 2A बल की वैद्युत धारा से जल के दो मोलों के पूर्ण वियोजन में कितना समय लगेगा?

690. लीथियम लवण से वैद्युत अपघटन विधि से LiOH कैसे प्राप्त कर सकते हैं? 1 टन LiOH प्राप्त करने के लिये कितनी विद्युत की जरूरत पड़ेगी? इलेक्ट्रोड क्रियाओं के आरेख बनाइये।

691. 6A बल की वैद्युत धारा 30 मिनट तक KOH के जलीय विलयन में से गुजारने पर आक्सीजन का कितना आयतन (सामान्य परिस्थितियों में) उत्सर्जित होगा?

692. 3A बल की वैद्युत धारा एक घंटे तक H_2SO_4 के जलीय विलयन में से गुजारने पर हाइड्रोजन का कितना आयतन (सामान्य परिस्थितियों में) उत्सर्जित होगा?

693. (a) किसी विलयन से 2g हाइड्रोजन उत्सर्जित करने के लिये कितनी विद्युत की जरूरत पड़ेगी? (b) और 2g आक्सीजन उत्सर्जित करने के लिये कितनी विद्युत की?

694. 2A बल वाली वैद्युत धारा द्वारा $Cr_2(SO_4)_3$ के जलीय विलयन के वैद्युत अपघटन में ऋणाग्र का द्रव्यमान 8g बढ़ गया। वैद्युत अपघटन कितने अर्से तक जारी रखा गया?

695. $SnCl_2$ के जलीय विलयन के वैद्युत अपघटन में धनाग्र पर 4.48 लीटर क्लोरीन (सामान्य परिस्थितियों में) उत्सर्जित हुआ। ऋणाग्र पर जमा हुए टिन का द्रव्यमान ज्ञात करें।

696. 5A बल की वैद्युत धारा ने प्लैटिनम लवण के विलयन से 10 मिनट में 1.517g प्लैटिनम जमा किया। प्लैटिनम का तुल्य द्रव्यमान ज्ञात करें।

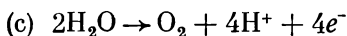
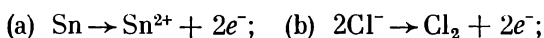
697. कैडमियम का तुल्य द्रव्यमान कितना है, अगर उसके लवण के विलयन से 1g कैडमियम प्राप्त करने के लिये विलयन में 1717C वैद्युत धारा प्रवाहित करानी पड़ती है?

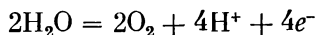
698. 1.5A बल की विद्युत धारा 30 मिनट तक एक त्रिसंयोजी धातु के लवण के विलयन में प्रवाहित कराने पर ऋणाग्र पर 1.071g धातु जमा हो जाती है। धातु का परमाणु द्रव्यमान ज्ञात करें।

अपना ज्ञान परखिये

699. टिन धनाग्र पर टिन (II) क्लोराइड के जलीय विलयन के वैद्युत अपघटन में कौनसी क्रिया घटती है?

(a) $Sn \rightarrow Sn^{2+} + 2e^-$; (b) $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$;

(c) $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

700. निकेल (II) सल्फेट के जलीय विलयन के वैद्युत अपघटन में धनाग्र पर निम्न क्रिया घटती है:

$$2H_2O = 2O_2 + 4H^+ + 4e^-$$

धनाग्र किस चीज का बना है?

(a) निकेल; (b) कापर; (c) स्वर्ण।

701. पोटेशियम सल्फेट के जलीय विलयन के वैद्युत अपघटन में एक इलेक्ट्रोड के पास वाली जगह में pH बढ़ गया। इलैक्ट्रोड वैद्युत धारा स्रोत के किस ध्रुव के साथ जुड़ा है?

(a) धन ध्रुव; (b) ऋण ध्रुव

702. किसी लवण के जलीय विलयन के वैद्युत अपघटन में एक इलेक्ट्रोड़ के पास वाली जगह में pH बढ़ गया। किस लवण के विलयन का वैद्युत अपघटन किया गया?

(a) KCl; (b) $CuCl_2$; (c) $Cu(NO_3)_2$

703. NaOH के जलीय विलयन के वैद्युत अपघटन में धनाग्र पर 2.8 लीटर आक्सीजन उत्सर्जित हुआ (सामान्य परिस्थितियों में)। ऋणाग्र पर कितना हाइड्रोजन उत्सर्जित हुआ?
(a) 2.8 लीटर; (b) 5.6 लीटर;
(c) 11.2 लीटर; (d) 22.4 लीटर।

704. कापर (II) क्लोराइड विलयन के वैद्युत अपघटन में ऋणाग्र का द्रव्यमान 3.2g बढ़ गया। कापर धनाग्र पर क्या घटना घटी?
(a) 0.112 लीटर Cl_2 उत्सर्जित हुआ;
(b) 0.56 लीटर O_2 उत्सर्जित हुआ;
(c) Cu^{2+} का 0.1 मोल विलयन में आ गया;
(d) Cu^{2+} का 0.05 मोल विलयन में आ गया।

अध्याय 9

मिश्रित यौगिक

1. मिश्रित आयन की संरचना ज्ञात करना

निश्चित रासायनिक यौगिक, जो विशिष्ट घटकों के संयोजन से बनते हैं तथा जटिल आयन या अणु, जो क्रिस्टलीय तथा विलीन दोनों अवस्थाओं में मिलते हैं, मिश्रित यौगिक कहलाते हैं।

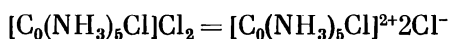
मिश्रित यौगिक के एक अणु में एक परमाणु प्राय: धनात्मक आवेशित आयन केन्द्रीय स्थिति में होता है और इसे संकुलन कर्मक केन्द्रीय परमाणु (आयन) कहते हैं। इसके चारों ओर प्रत्यक्ष समीपता में विपरीत आवेशों वाले आयन या उदासीन अणु, जिन्हें संलग्नी कहते हैं, क्रमबद्ध होते हैं। संकुलन कर्मक तथा संलग्नी मिश्रित यौगिक का आन्तरिक क्षेत्र बनाते हैं। संकुलन कमर्क द्वारा संग्लनियों के साथ बनाये सिग्मा V अनुबंधों की कुल संख्या केन्द्रीय आयन की समन्वय संख्या कहलाती है। सिग्मा δ अनुबंधों की संख्या के अनुसार संग्लनी एकदंतुर, द्विदंतुर या बहुदंतुर आदि हो सकते हैं।

मिश्रित यौगिक के आन्तरिक क्षेत्र की सीमाओं के बाहर बाह्य क्षेत्र होता है जिसमें धनात्मक आवेश वाले आयन उपस्थित होते हैं (अगर मिश्रित यौगिक का आन्तरिक क्षेत्र ऋणात्मक आवेश वाला है) या ऋणात्मक आवेश वाले आयन उपस्थित होते हैं (अगर मिश्रित आयन धनात्मक आवेश वाला है)। जब आन्तरिक क्षेत्र में कोई आवेश नहीं होता, तो बाह्य क्षेत्र अनुपस्थित होता है।

बाह्य क्षेत्र में आयन मिश्रित आयन के साथ मुख्यत: स्थिर वैद्युत व्यतिक्रिया के बलों द्वारा अनुबंधित होते हैं तथा प्रबल वैद्युत अपघट्यों के आयनों की तरह विलयनों में खुद को सरलता से अलग कर लेते हैं। मिश्रित यौगिक के आन्तरिक क्षेत्र में संलग्नी संकुलन कर्मकों के साथ सहसंयोजी अनुबंध रखते हैं तथा वे विलयन में सामान्यत: नगण्य रूप से वियोजित होते हैं। इसी वजह से गुणात्मक रासायनिक अभिक्रियाएं केवल बाह्य क्षेत्रों के आयनों को ढूंढ़ सकती हैं। मिश्रित यौगिकों के सूत्र लिखते समय आन्तरिक क्षेत्र कोष्ठक द्वारा बाह्य क्षेत्र से पृथक करते हैं।

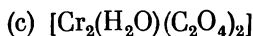
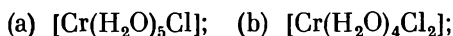
उदाहरण 1. मिश्रित यौगिक $CoCl_3 \cdot 5NH_3$ के विलयन में उपस्थित क्लोरीन का केवल 2/3 भाग सिल्वर नाइट्रेट द्वारा अवक्षेपित किया गया। इस लवण के विलनय में कोबल्ट का एक भी आयन नहीं मिला और न ही मुक्त अमोनिया मिला। विलयन की वैद्युत चालकता यह दर्शाती है कि लवण तीन आयनों में वियोजित होता है। इस यौगिक की समन्वय संरचना क्या है? मिश्रित यौगिक के वियोजन का समीकरण लिखिये।

<u>हल</u>. विलयन में Co^{3+} आयनों तथा मुक्त अमोनिया की अनुपस्थिति इस बात का सूचक है कि दो अवयव मिश्रित यौगिक के आन्तरिक क्षेत्र में स्थित हैं। इसके अलावा आन्तरिक क्षेत्र में एक और क्लोराइड आयन उपस्थित है जो $AgNO_3$ द्वारा अवक्षेपित नहीं हुआ है। अत: आन्तरिक क्षेत्र की संरचना सूत्र $[Co(NH_3)_5Cl]^{2+}$ के संगत है। बाह्य क्षेत्र में दो क्लोराइड आयन हैं जो मिश्रित यौगिक $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$ के आन्तरिक क्षेत्र के आवेश की क्षतिपूर्ति करते हैं। मिश्रित लवण निम्न प्रकार से वियोजित होता है:

$$[C_0(NH_3)_5Cl]Cl_2 = [C_0(NH_3)_5Cl]^{2+}2Cl^-$$

जो वैद्युत चालकता के ग्रांकड़ों से मेल खाता है।

किसी मिश्रित ग्रायन के ग्रावेश का कलन करते समय इस बात को ग्राधार बनाना चाहिये कि यह ग्रावेश संकुलन कर्मक ग्रौर संग्लनियों के ग्रावेशों के बीज-गणितीय योग के बराबर होता है, संकुलन कर्मक का ग्रावेश इसकी उपचयन ग्रवस्था के बराबर लिया जाता है।

उदाहरण 2. क्रोमियम (III) द्वारा बने निम्न मिश्रित ग्रायनों के ग्रावेशों का कलन करें:

(a) $[Cr(H_2O)_5Cl]$; (b) $[Cr(H_2O)_4Cl_2]$;
(c) $[Cr_2(H_2O)(C_2O_4)_2]$

हल. हम क्रोमियम (III) ग्रायन का ग्रावेश +3 के बराबर लेते हैं, जल ग्रणु का शून्य के बराबर तथा क्लोराइड व ग्राक्जेलेट ग्रायनों का क्रमश: —1 व —2। ग्रब प्रत्येक यौगिक के लिये ग्रावेशों के बीजीय योग कलन करते हैं:

$$(a)\ +3+(-1)=+2;\quad (b)\ +3+2(-1)=+1;$$
$$(c)\ +3+2(-2)=-1$$

प्रश्न

705. सिल्वर नाइट्रेट मिश्रित लवण $PtCl_4 \cdot 6NH_3$ के विलयन से सम्पूर्ण क्लोरीन तथा लवण $PtCl_4 \cdot 3NH_3$ के विलयन से केवल 1/4 भाग क्लोरीन सिल्वर क्लोराइड के रूप में ग्रवक्षेपित करता है। इन लवणों के समन्वय सूत्र लिखिये तथा प्रत्येक लवण में प्लैटिनम की समन्वय संख्या ज्ञात कीजियो।

706. कोबाल्ट के दो मिश्रित यौगिक ज्ञात हैं जिनका मूलानुपाती सूत्र एक जैसा है $CoBrSO_4 \cdot 5NH_3$। दोनों के बीच ग्रन्तर यह है कि एक लवण का विलयन $BaCl_2$ के साथ ग्रवक्षेप देता है, परंतु $AgNO_3$ के साथ ग्रवक्षेप नहीं देता, जबकि इसके विपरीत दूसरे लवण का विलयन $AgNO_3$ के साथ ग्रवक्षेप देता है, परंतु $BaCl_2$ के साथ नहीं देता। दोनों लवणों के समन्वय सूत्र तथा ग्रायनों में उनके वियोजन के समीकरण लिखिये।

707. $AgNO_3$ विलयन की पर्याप्त मात्रा एक ग्रन्य विलयन के साथ मिलायी गयी जिसमें 0.2335g मिश्रित लवण $CoCl_3 \cdot 4NH_3$

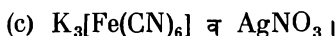
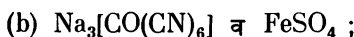
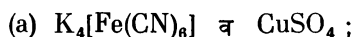
उपस्थित था। अवक्षेपित AgCl का द्रव्यमान 0.1435g था। लवण का समन्वय सूत्र ज्ञात करें।

708. किसी लवण का मूलानुपाती सूत्र $CrCl_3 \cdot 5H_2O$ है। क्रोमियम की समन्वय संख्या 6 है। 200ml 0.01M मिश्रित लवण के विलयन में उपस्थित क्लोरीन को बाह्य क्षेत्र में अवक्षेपित करने के लिये 0.1N $AgNO_3$ विलयन के आवश्यक आयतन का कलन करें; यह मान सकते हो कि लवण में सारा जल आन्तरिक क्षेत्र में है।

709. निम्न के बीच घट रही विनिमय अभिक्रियाओं के समीकरण अण्विक व आयनी-आण्विक रूप में लिखें; इस बात का ध्यान रखें कि प्राप्त मिश्रित लवण जल में अविलेय हैं:

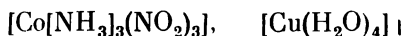
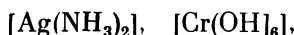
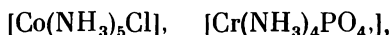
(a) $K_4[Fe(CN)_6]$ व $CuSO_4$;

(b) $Na_3[CO(CN)_6]$ व $FeSO_4$;

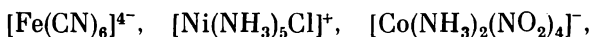
(c) $K_3[Fe(CN)_6]$ व $AgNO_3$।

710. निम्न मिश्रित कणों के आवेश ढूंढ़ें तथा इनके बीच धनायन, ऋणायन व विद्युत-अनपघट्य खोजें:

$[Co(NH_3)_5Cl]$, $[Cr(NH_3)_4PO_4,]$,

$[Ag(NH_3)_2]$, $[Cr(OH]_6]$,

$[Co[NH_3]_3(NO_2)_3]$, $[Cu(H_2O)_4]$।

711. निम्न मिश्रित आयनों में संकुलन कर्मकों की उपचयन अवस्था (या संख्या) ज्ञात करें:

$[Fe(CN)_6]^{4-}$, $[Ni(NH_3)_5Cl]^+$, $[Co(NH_3)_2(NO_2)_4]^-$,

$[Cr(H_2O)_4Br_2]^+$, $[AuCl_4]^-$, $[Hg(CN)_4]^{2-}$, $[Cd(CN)_4]^{2-}$।

2. मिश्रित यौगिकों की नामपद्धति

मिश्रित लवणों के नाम साधारण नियम के आधार पर रचे जाते हैं: पहले धनायन का नाम रखते हैं और फिर ऋणायन का। मिश्रित धनायन का नाम निम्न प्रकार से रचते हैं: सबसे पहले संख्या लिखते हैं (यूनानी – डाइ, ट्राइ, टैट्रा, पैंटा, हैक्सा आदि), फिर ऋणात्मक आवेश वाले संलग्नियों के लातीनी नाम में "O" जोड़ कर लिख देते

हैं (Cl – क्लोरो, SO_4^{2-} – सल्फेटो ; OH^- – हाइड्राक्सो आदि) ; इसके पीछे उदासीन संलग्नियों के नाम व संख्या लिखते हैं ; जल और अमोनिया के लिये एक्वा व ऐमीन शब्द प्रयुक्त करते हैं। अंत में संकल क्रमक केन्द्रीय परमाणु का नाम लिखते हैं, उसकी उपचयन संख्या रोमन अंकों में कोष्ठकों में उसके नाम के बाद लिखते हैं।

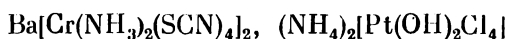
उदाहरण 1. निम्न मिश्रित लवणों के नाम बताइये ;

$$[Pt(NH_3)_3Cl]Cl, \quad [Co(NH_3)_5Br]SO_4$$

हल. $[Pt(NH_3)_3Cl]Cl$ का नाम क्लोरोट्राइऐमीनप्लैटिनम (II) क्लोराइड है तथा $[CO(NH_3)_5Br]SO_4$ का ब्रोमोपैंटाऐमीनकोबल्ट (III) है।

मिश्रित ऋणायन का नाम धनायन के नाम के सदृश होता है तथा अंतसर्ग – ऐट से समाप्त होता है।

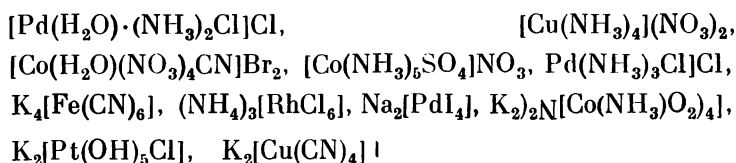
उदाहरण 2. निम्न लवणों के नाम बताइये :

$$Ba[Cr(NH_3)_2(SCN)_4]_2, \quad (NH_4)_2[Pt(OH)_2Cl_4]$$

हल. $Ba[Cr(NH_3)_2(SCN)_4]_2$ का नाम बेरियम टैट्रा – रोडानोडिऐमीनक्रोमेट (III) है तथा $(NH_4)_2[Pt(OH)_2Cl_4]$ का अमोनियम डाइ हाइड्रोक्सोटैट्राक्लोरोप्लैटिनेट।

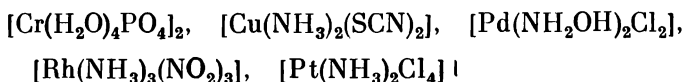
उदासीन मिश्रित यौगिकों के नाम धनायनों के नाम की तरह रखे जाते हैं। फर्क केवल इतना होता है कि यहाँ उपचयन संख्या नहीं लिखते हैं क्योंकि यह सम्मिश्र की विद्युत उदासीनता द्वारा ज्ञात की जाती है। उदाहरण के लिये $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ का नाम टेट्राक्लोरोडाइऐमीनप्लैटिनम है।

प्रश्न

712. निम्न मिश्रित लवणों के नाम बताइये :

$[Pd(H_2O)\cdot(NH_3)_2Cl]Cl$, $[Cu(NH_3)_4](NO_3)_2$, $[Co(H_2O)(NO_3)_4CN]Br_2$, $[Co(NH_3)_5SO_4]NO_3$, $Pd(NH_3)_3Cl]Cl$, $K_4[Fe(CN)_6]$, $(NH_4)_3[RhCl_6]$, $Na_2[PdI_4]$, $K_2)_2N[Co(NH_3)O_2)_4]$, $K_2[Pt(OH)_5Cl]$, $K_2[Cu(CN)_4]$।

713. निम्न मिश्रित यौगिकों के समन्वय सूत्र लिखिये : (a) पोटेशियम डाइसायनोआर्जेन्टेट ; (b) पोटेशियम हैक्सानाइट्रोकोबाल्टेट ; (c) हैक्साऐमीन – निकेल (II) क्लोराइड ; (d) सोडियम हैक्सासायनोक्रोमेट (III) (e) हैक्साएमीन – कोबाल्ट (III) ब्रोमाइड ; (f) कार्बोनिटटैट्राएमीननिकेल (II) नाइट्रेट ; (g) मैग्नीशियम ट्राइफ्लुओराहाइड्राक्सो बेरिलेट ।

714. निम्न विद्युतउदासीन मिश्रित यौगिकों के नाम लिखिये :

$[Cr(H_2O)_4PO_4]_2$, $[Cu(NH_3)_2(SCN)_2]$, $[Pd(NH_2OH)_2Cl_2]$, $[Rh(NH_3)_3(NO_2)_3]$, $[Pt(NH_3)_2Cl_4]$ ।

715. निम्न मिश्रित वैद्युत अनपघट्यों के सूत्र लिखिये :

(a) फास्फेटोटेट्राएमीनक्रोमियम ;

(b) डाइक्लोरोडाइएमीनप्लैटिनम ;

(c) ट्राइक्लोरोट्राइएमीनकोबाल्ट ;

(d) टेट्राक्लोरोडाइएमीनप्लैटिनम ।

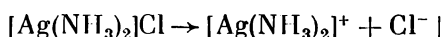
प्रत्येक सम्मिश्र में संकुलन कर्मक की उपचयन संख्या दिखाइये ।

716. पोटेशियम हैक्सासायनोफेरेट (II) तथा पोटेशियम हैक्सासायनोफेरेट (III) के सूत्र लिखिये ।

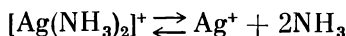
717. रोजियो कोबाल्टिक क्लोराइड के ईंट जैसे लाल रंग वाले क्रिस्टलों की संरचना सूत्र $[Co(NH_3)_5(H_2O)]Cl_3$ द्वारा व्यक्त की जाती है तथा परप्यूरिओ कोबाल्टिक क्लोराइड के किरमिजी लाल क्रिस्टलों की सूत्र $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$ द्वारा । इन लवणों के रासायनिक नाम बताइये ।

3. मिश्रित यौगिकों के विलयनों में संतुलन

जलीय विलयनों में मिश्रित लवणों का बाह्य क्षेत्रीय वियोजन वास्तुत : आखिर तक होता है, उदाहरण के लिये,

$$[Ag(NH_3)_2]Cl \rightarrow [Ag(NH_3)_2]^+ + Cl^- \mid$$

इस वियोजन को प्राथमिक कहते हैं, मिश्रित यौगिक के आन्तरिक क्षेत्र के उत्क्रमणीय वियोजन को माध्यमिक या द्वितीयक कहते हैं ।

जैसे, डाइएमीन सिल्वर आयन निम्न प्रकार से वियोजित होता है :

$$[Ag(NH_3)_2]^+ \rightleftarrows Ag^+ + 2NH_3$$

द्वितीयक वियोजन के फलस्वरूप मिश्रित कण, केन्द्रीय आयन और संलग्नियों के बीच एक संतुलन स्थापित हो जाता है। उक्त समीकरण के अनुसार $[Ag(NH_3)_2]^+$ का वियोजन एक संतुलन स्थिरांक द्वारा व्यक्त किया जाता है जिसे मिश्रित आयन का अस्थायित्व स्थिरांक कहते हैं :

$$K_{\text{अस्थायि०}} = \frac{[Ag^+]\,[NH_3]^2}{[Ag(NH_3)_2{}^+]} = 6{,}8 \times 10^{-8}$$

विभिन्न मिश्रित आयनों के अस्थायित्व स्थिरांकों के मान विस्तृत सीमाओं के अंदर घटते-बढ़ते रहते हैं तथा वे सम्मिश्र के स्थायित्व के मापदंड का काम कर सकते हैं। मिश्रित आयन जितना ज्यादा स्थायी होता है, उसका अस्थायित्व स्थिरांक उतना ही ज्यादा छोटा होता है। उदाहरण के लिये, एक किस्म के निम्न यौगिकों के अस्थायित्व स्थिरांकों के मान विभिन्न हैं :

$[Ag(NO_2)_2]^-$	$[Ag(NH_3)_2]^+$	$[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$	$[Ag(CN)_2]^-$
1.3×10^{-3}	6.8×10^{-8}	1×10^{-13}	1×10^{-21}

इनके बीच $[Ag(CN_2)]^-$ सबसे ज्यादा स्थायी है तथा $[Ag(NO_2)_2]^-$ सबसे कम स्थायी है।

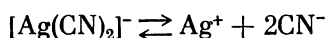
कुछ सम्मिश्रों के अस्थायित्व स्थिरांकों के मान परिशिष्ट की सारणी 10 में दिये गये हैं।

जिन अस्थायित्व स्थिरांकों की अभिव्यक्तियों में आयनों व अणुओं की सान्द्रताएं दी जाती हैं, उन्हें सान्द्रित कहलाते हैं। वे अस्थायित्व स्थिरांक ज्यादा सुनिश्चित होते हैं जिनमें आयनों व अणुओं की सान्द्रताओं की जगह उनकी सक्रियताएं होती हैं। ये स्थिरांक विलयन की संरचना तथा आयनी बल पर निर्भर नहीं करते। नीचे दिये उदाहरणों को हल करते समय हम विलयनों की पर्याप्त तनु मानेंगे जिससे प्रणाली के घटकों के सक्रियता गुणांक इकाई के बराबर लिये

जा सकें तथा कलनों में सान्द्रता स्थिरांकों का प्रयोग कर सकें।

उदाहरण 1. $[Ag(CN)_2]^-$ आयन का अस्थायित्व स्थिरांक 1×10^{-21} है। सिल्वर आयनों की $0.05M$ $K[Ag(CN)_2]$ विलयन में सान्द्रता का कलन करें, जिसमें KCN का 0.01mol/l भी उपस्थित है।

हल. मिश्रित आयन का द्वितीयक वियोजन निम्न समीकरण का पालन करता है:

$$[Ag(CN)_2]^- \rightleftarrows Ag^+ + 2CN^-$$

अतिरिक्त CN^- आयनों की उपस्थिति में K CN के वियोजन (जिसे पूर्ण माना जा सकता है) के कारण यह संतुलन बायीं ओर इतना ज्यादा विस्थापित हो जाता है कि द्वितीयक वियोजन में बने CN^- आयनों की संख्या नगण्य मानी जा सकती है। अत: $[CN^-] = c(KCN) = 0.01$ mol/l। इसी आधार पर $[Ag(CN)_2]^-$ आयनों की संतुलन सान्द्रता मिश्रित लवण की कुल सान्द्रता (0.05mol/l) के बराबर मानी जा सकती है।

उदाहरण के आंकड़ों के अनुसार:

$$K_{\text{अस्थायि०}} = \frac{[[Ag^+][CN^-]^2}{[Ag(CN)_2^-]} = 1 \times 10^{-21}$$

अत: Ag^+ आयनों की सान्द्रता निम्न प्रकार से व्यक्त कर सकते हैं:

$$[Ag^+] = \frac{1 \times 10^{-21}[Ag(CN)_2^-]}{[CN^-]^2} = CN^- \text{ व } [Ag(CN)_2]^-$$

आयनों की सान्द्रताओं के मान भरने पर हमें निम्न परिणाम प्राप्त होता है:

$$[Ag^+] = \frac{10^{-21} \times 0.05}{(0.01)^2} = 5 \times 10^{-19} \text{ mol/l}$$

साधारण (अमिश्रित) वैद्युत अपघट्यों के विलयनों में वियोजन संतुलन निश्चित करने के लिये जिन नियमों का पालन किया जाता है, मिश्रित आयनों वाली प्रणालियों में भी वियोजन संतुलन इन्हीं के

आधार पर निश्चित किया जाता है: अर्थात, संतुलन संकुलन कर्मक या संलग्नी के सर्वाधिक पूर्ण अनुबंध की दिशा में स्थानान्तरित हो जाता है जिससे विलयन में अपरिबद्ध रहे इन कणों की सान्द्रताएं इन अवस्थाओं में निम्नतम संभव मान रखती हैं।

संतुलन के स्थानान्तरण की दिशा ज्ञात करने के लिये हमें दी गयी प्रणाली में आयनों की संतुलन सान्द्रताओं के मान निर्धारित करने चाहियें।

उदाहरण 2. क्षारों के साथ सरल कैडमियम लवणों के विलयन कैडमियम हाइड्राक्साइड अवक्षेप $Cd(OH)_2$ बनाते हैं तथा हाइड्रोजन सल्फाइड के साथ कैडमियम सल्फाइड अवक्षेप CdS। यह कैसे समझा सकते हैं कि जब $0.05M\ K_2[Cd(CN)_4]$ विलयन में, जिसमें 0.1mol/l KCN है, एक क्षार मिलाते हैं, तो कोई अवक्षेप नहीं बनता और जब इस विलयन में हाइड्रोजन सल्फाइड प्रवाहित करते हैं, तो CdS अवक्षेप बनता है? $[Cd(CN)_4]^{2-}$ आयन का अस्थायित्व स्थिरांक 7.8×10^{-18} मान सकते हैं।

हल. $Cd(OH)_2$ व CdS अवक्षेपों के बनने की अवस्थाएं निम्न प्रकार से लिखी जा सकती हैं:

$$[Cd^{2+}]\,[OH^-]^2 > K_{sp}\,[Cd(OH)_2] = 4.5\times10^{-15}$$
$$[Cd^{2+}]\,[S^{2-}] > K_{sp}(CdS) = 8\times10^{-27}$$

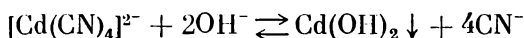
दी गयी अवस्थाओं में मिश्रित लवण के विलयन में Cd^{2+} आयनों की सान्द्रता का कलन निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त करते हैं:

$$[Cd^{2+}] = \frac{K_{\text{अस्थायी}}[Cd(CN)_4^{2-}]}{[CN^-]^4} = \frac{7.8\times10^{-18}\times0.05}{(0.1)^4} = $$
$$= 3.9\times10^{-15}\ mol/l$$

कैडमियम हाइड्राक्साइड के अवक्षेपण के लिये पर्याप्त OH^- आयनों की सान्द्रता निम्न असमता द्वारा ज्ञात करते हैं:

$$[OH^-] > \sqrt{\frac{K_{sp}[Cd(OH)_2]}{[Cd^{2+}]}} = \sqrt{\frac{4.5\times10^{-15}}{3.9\times10^{-15}}} \approx 1\ mol/l$$

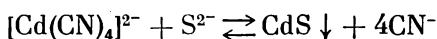
अत: दी गयी प्रणाली में OH^- आयनों की 1 mol/l से कम सान्द्रताओं पर संतुलन

$$[Cd(CN)_4]^{2-} + 2OH^- \rightleftarrows Cd(OH)_2 \downarrow + 4CN^-$$

मिश्रित आयन के बनने की दिशा में स्थानान्तरित हो जाता है।

पोटेशियम टैट्रासायनोकैडमेट के दिये गये विलयन से कैडमियम सल्फाइड अवक्षेप बनने की अवस्था निम्न असमता द्वारा ज्ञात करते हैं :

$$[S^{2-}] > \frac{K_{sp}(CdS)}{[Cd^{2+}]} = \frac{8.0 \times 10^{-27}}{3.9 \times 10^{-15}} \approx 2 \times 10^{-12}$$

अत: सल्फाइड आयन की निम्न सान्द्रताओं पर भी संतुलन

$$[Cd(CN)_4]^{2-} + S^{2-} \rightleftarrows CdS \downarrow + 4CN^-$$

वस्तुत: कैडमियम सल्फाइड के बनने की दिशा में पूर्णतया स्थानान्तरित हो जाता है।

प्रश्न*

718. निम्न विद्युत–अपघट्यों के विलयनों के बीच किन परिस्थितियों में अभिक्रिया घटेगी? अभिक्रियाओं के समीकरण आण्विक व आयनी-आण्विक रूप में लिखिये :

(a) $K_2[HgI_4] + KBr$
(b) $K_2[HgI_4] + KCN$
(c) $[Ag(NH_3)_2]Cl + K_2S_2O_3$
(d) $K[Ag(CN_2)] + K_2S_2O_3$
(e) $K[Ag(CN_2)] + NH_3$
(f) $K[Ag(NO_2)_2] + NH_3$
(g) $[Ag(NH_3)_2]Cl + NiCl_2$
(h) $K_3[Cu(CN)_4] + Hg(NO_3)_2$

---

*इस खंड के प्रश्नों को हल करते समय आवश्यकता पड़ने पर मिश्रित आयनों के अस्थायित्व स्थिरांकों के मानों का प्रयोग किया जा सकता है (परिशिष्ट की सारणी 10)

719. 0.1M $[Ag(NH_3)_2]NO_3$ विलयन में Ag^+ ग्रायनों की सान्द्रता का कलन करें, ग्रगर विलयन में NH_3 के 1 mol/l का बाहुल्य है।

720. 0.1M $K_2[Cd(CN)_4]$ विलयन में कैडमियम ग्रायनों की सान्द्रता का कलन करें, ग्रगर इस विलयन में 6.5g/l KCN भी उपस्थित है।

721. 0.5 l 0.1M सोडियम ग्रायोसल्फेटोग्रर्जेन्टेट $Na_3[Ag(S_2O_3)_2]$ विलयन में ग्रायनों के रूप में उपस्थित रजत का द्रव्यमान ज्ञात करें, ग्रगर विलयन में 0.1mol/l सोडियम थायोसल्फेट भी विलीन है।

722. (a) ग्रगर 1 लीटर 0.1M $[Ag(NH_3)_2]NO_3$ विलयन में 1×10^{-5}mol KBr मिलायें तो सिल्वर हेलोजेन ग्रवक्षेपित होगा या नहीं? विलयन में 1 mol/l ग्रमोनिया भी उपस्थित है। (b) ग्रौर ग्रगर 1×10^{-5} mol KI मिलायें? विलेयता उत्पाद निम्न हैं:

$$K_{sp}(AgBr) = 6\times10^{-13} \qquad K_{sp}(AgI) = 1.1\times10^{-16}$$

723. 1 लीटर 0.1M $[Ag(NH_3)_2]NO_3$ विलयन में ग्रमोनिया के कितने मोल होने चाहियें जिससे कि 1 लीटर विलयन में 1.5g KCl मिलाने पर AgCl ग्रवक्षेपित न हो जाये?

$$K_{sp}(AgCl) = 1.8\times10^{-10}$$

724. 0.08M $[Ag(NH_3)_2]NO_3$ विलयन में सिल्वर ग्रायनों की सान्द्रता कितनी है, ग्रगर विलयन में 1 mol/l ग्रमोनिया भी उपस्थित है? AgCl का ग्रवक्षेपण शुरू होने से पहले 1 लीटर विलयन में कितने ग्राम NaCl मिलाया जा सकता है?

$K_{sp}(AgCl) = 1.8\times10^{-10}$।

ग्रपना ज्ञान परखिये

725. मिश्रित ग्रायनों $[Ag(CN_2]^-$ व $[Ag(NO_2)_2]^-$ के ग्रस्थायित्व स्थिरांक क्रमश: 8×20^{-21} तथा 1.3×10^-3 हैं। समान मोलीय सान्द्रताग्रों वाले $K[Ag(NO_2)_2]$ (C_1) व $K[Ag(CN)_2]$ (C_2)

विलयनों में Ag^+ आयनों की संतुलन सान्द्रताओं के बीच क्या अनुपात है ?

(a) $c_1 > c_2$; (b) $c_1 = c_2$; (c) $c_1 < c_2$

726. पोटेशियम आयोडाइड $[Ag(NH_3)_2]NO_3$ विलयन से सिल्वर को AgI के रूप में अवक्षेपित करता है, परंतु उसी मोलीय सान्द्रता वाले $K[Ag(CN)_2]$ को विलयन से अवक्षेपित नहीं करता। आयनों

$$[Ag(NH_3)_2]^+ (K_1) \qquad [Ag(CN)_2]^- (K_2)$$

के अस्थायित्व स्थिरांकों के मानों के बीच क्या संबंध है ?

(a) $K_1 > K_2$; (b) $K_1 = K_2$; (c) $K_1 < K_2$ ।

727. $[Ag(NH_3)_2]^+$ व $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$ आयनों के अस्थायित्व स्थिरांकों के मान निकट हैं (क्रमश : 9.3×10^{-8} व 7.6×10^{-8}) । समान मोलीय सान्द्रताओं वाले $[Ag(NH_3)_2]Cl$ व $[Cd(NH_3)_4]Cl_2$ विलयनों में मुक्त धात्विक आयन $[C(Ag^+)$ व $C(Cd^{2+})]$ की सान्द्रताओं के बीच ठीक संबंध अनुपात बताइये। विलयनों में $0.1 mol/l\ NH_3$ भी उपस्थित है।

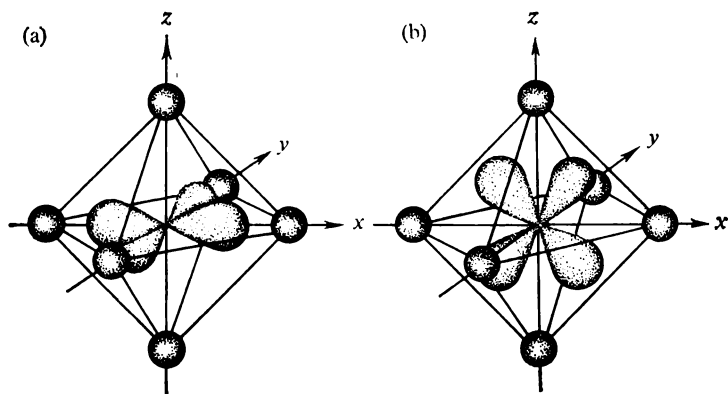
(a) $c_{Ag^+} > c_{Cd^+}$; (b) $c_{Ag^+} \approx c_{Cd^{2+}}$; (c) $c_{Ag^+} < c_{Cd^{2+}}$ ।

4. मिश्रित यौगिकों के चुबंकीय व प्रकाशिकीय गुण. मिश्रित यौगिकों की व्यौमिक संरचना

बाह्य चुंबकीय क्षेत्र के साथ प्रतिक्रिया की प्रकृति के आधार पर पदार्थ दो ग्रुपों में विभाजित किये जाते हैं – अनुचुंबकीय तथा प्रतिचुंबकीय। अनुचुंबकीय पदार्थ चुंबकीय क्षेत्र की ओर आकर्षित होते हैं और प्रतिचुंबकीय उससे क्षीण रूप में विस्थापित होते हैं।

पदार्थों के चुंबकीय गुणों में भिन्नता उनके घटकों – परमाणुओं, आयनों या अणुओं की इलेक्ट्रानी संरचना के साथ संबंधित है। अगर कण में सारे इलेक्ट्रान युग्मी हैं, तो उनके चुंबकीय आघूर्णों की

आपस में क्षतिपूर्ति होती रहती है तथा कण का कुल चुंबकीय आघूर्ण शून्य के बराबर होता है; ऐसा कण प्रतिचुंबकीय होता है। कण में एक या अधिक अयुग्मी इलक्ट्रान उपस्थित होने पर वह अनुचुंबकत्व प्रदर्शित करता है। ऐसे कण का कुल चुंबकीय आघूर्ण शून्य के बराबर नहीं होता, अयुग्मी इलेक्ट्रोनों की संख्या में वृद्धि के साथ वह बढ़ता जाता है।

मिश्रित यौगिकों के चुंबकीय गुण क्रिस्टल क्षेत्र के सिद्धांत की दृष्टि से काफी अच्छी तरह से समझाये जाते हैं। यह सिद्धांत इस विचार पर आधारित है कि संतुलन कर्मक व संलग्नियों के बीच शुद्ध स्थिर-वैद्युत प्रतिक्रिया घटती है। परंतु स्थिर-वैद्युत सिद्धान्त के क्लासिकल

चित्र 5. संलग्नियों के अष्टफलकीय क्षेत्र में कक्षकों $d_{x^2-y^2}$ और dxz के इलेक्ट्रान अभ्र।

परिचय से भिन्न क्रिस्टल क्षेत्र के सिद्धांत में संकुल कर्मकों के d-कक्षकों के इलेक्ट्रानी घनत्व के व्यौमिक वितरण को महत्व दिया जाता है।

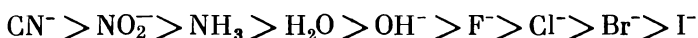
मुक्त परमाणु या आयन के किसी भी कक्षक के d-उपस्तर में स्थित इलेक्ट्रान समान ऊर्जा रखते हैं। अगर इस आयन (परमाणु) को उस क्षेत्र के केन्द्र में रख दें, जिसकी ऊपरी सतह समान रूप से ऋणात्मक आवेशित होती (परिकल्पित स्थिति), तो सारे के सारे 5-d इलेक्ट्रानी अभ्रों पर समान प्रतिकर्षण बल का प्रभाव होता।

इसके फलस्वरूप सारे d-इलेक्ट्रानों की ऊर्जा में समान वृद्धि होती।

अगर आयन (परमाणु) संलग्नियों द्वारा बनाये ऐसे क्षेत्र में प्रवेश करता है, जो गोलाकार क्षेत्र के मुकाबले कम असमित होता है, तो इलेक्ट्रानी अभ्र संलग्नी के जितने ज्यादा समीप होता है, d-इलेक्ट्रानों की ऊर्जा उतनी ही ज्यादा बढ़ती है। उदाहरण के लिये, संलग्नियों के अष्टफलकों (अष्टफलकीय समन्वय) के शीर्षों में स्थित होने पर d_z^2 व $d_{x^2-y^2}$ कक्षकों के इलेक्ट्रानी अभ्र संलग्नियों की ओर आमुखित हैं (चित्र 5α) तथा संलग्नियों के बीच आमुखित d_{xy}^-, d_{xz}^- व d_{yz}^- के इलेक्ट्रानी अभ्रों की तुलना में अधिक प्रबल प्रतिकर्षण अनुभव करते हैं। (चित्र 5b)। इसी कारण बाकी d-इलेक्ट्रानों के मुकाबले $d_{z^2}^-$ व $d_{x^2-y^2}^-$ इलेक्ट्रानों की ऊर्जा ज्यादा स्तर तक बढ़ती है।

इस प्रकार अष्टफलकीय क्षेत्र में d-कक्षक दो विभिन्न ऊर्जाओं वाले ग्रुपों में बांटे जाते हैं (चित्र 6): अधिक निम्न ऊर्जावाले (d_ε–कक्षक) d-3 कक्षक (d_{zy}, d_{xz} व d_{yz}) तथा अधिक उच्च ऊर्जा वाले ((d_γ^- कक्षक) दो कक्षक (d_z^2 व $d_{x^2-y^2}$)) । d_ε – व d_γ उपस्तरों की ऊर्जाओं के बीच अंतर को विघटन ऊर्जा कहते हैं तथा इसे यूनानी अक्षर Δ द्वारा व्यक्त करते हैं।

दिये गये संकुलन कर्मक के लिये विघटन ऊर्जा का मान संलग्नियों की प्रकृति द्वारा निर्धारित किया जाता है। संलग्यिों द्वारा उत्पादित विघटन ऊर्जा के ह्रास के आधार पर उन्हें निम्न क्रम में रखा जाता है

$$CN^- > NO_2^- > NH_3 > H_2O > OH^- > F^- > Cl^- > Br^- > I^-$$

इसे स्पेक्ट्रोरासायनिक श्रेणी कहते हैं।

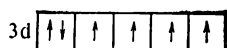
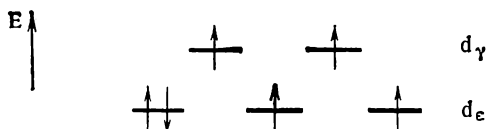
स्पेक्ट्रोरासायनिक श्रेणी के अंत में स्थित संलग्नी (क्षीण क्षेत्रीय संलग्नी) d-उपस्तर की ऊर्जा को कम विघटित करते हैं। इस स्थिति में विघटन ऊर्जा के मुकाबले दो युग्मी इलेक्ट्रानों के पारस्परिक प्रतिकर्षण की ऊर्जा उच्च होती है। अत: d-कक्षक इलेक्ट्रानों द्वारा हुंड नियम के अनुसार भरे जाते हैं: प्रथम तीन इलेक्ट्रानों में से प्रत्येक इलेक्ट्रान d_ε- कक्षकों में स्थित होता है, तथा अगले दो d_γ कक्षकों में। केवल

इसके बाद ही इलेक्ट्रानों का युग्मी भराव शुरू होता है — पहले d_ε^- कक्षकों का और उनके बाद d_γ^- कक्षकों का।

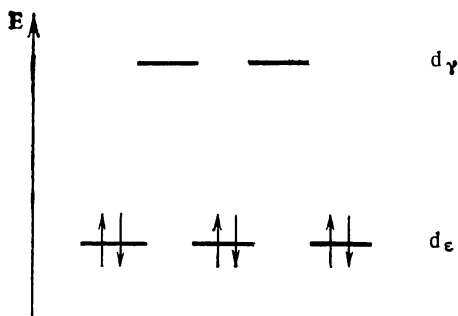
स्पेक्ट्रोरासायनिक श्रेणी के आरंभ में स्थित संलग्नी (तीव्र क्षेत्रीय संलग्नी) d-उपस्तर की ऊर्जा को काफी ज्यादा विघटित करते हैं। इस स्थिति में विघटन ऊर्जा युग्मी इलेक्ट्रानों की अंतराइलेक्ट्रानी प्रतिकर्षण ऊर्जा से अधिक होती है। अत: सबसे पहले d_ε कक्षक भरे जाते हैं — शुरू में अकेले इलेक्ट्रानों द्वारा और फिर युग्मी इलक्ट्रानों द्वारा; इसके बाद d_γ कक्षकों का भराव होता है।

उदाहरण 1. बताइये कि आयन $[CoF_6]^{3-}$ अनुचुंबकीय तथा आयन $[Co(CN)_6]^{3-}$ प्रतिचुंबकीय क्यों हैं?

हल. आयन Co^{3+} के 3d-उपस्तर पर छः इलेक्ट्रान स्थित हैं जिनमें से चार अयुग्मी हैं:

3d | ↑↓ | ↑ | ↑ | ↑ | ↑ |

संलग्नियों के अष्टफलकीय क्षेत्र में d-उपस्तर का विघटन घटता है। $[CoF_6]^{3-}$ स्थिति में — क्षीण क्षेत्रीय संलग्नी (आयन F^-) d-उपस्तर को कम विघटित करता है तथा Δ का मान कम है। अत: d_ε-कक्षक हुंड नियम के अनुसार भरे जाते हैं. तथा आयन Co^{3+} के इलेक्ट्रानों के d_ε व d_γ में वितरण निम्न रूप में व्यक्त होते हैं:

इस प्रकार आयन $[CoF_6]^{3-}$ में चार अयुग्मी इलेक्ट्रान उपस्थित हैं जो इसे अनुचुंबकीय गुण प्रदान करते हैं।

आयन $[Co(CN)_6]^{3-}$ के बनने में तीव्र क्षेत्रीय संलग्नी (आयन CN^-) के प्रभावस्वरूप d-उपस्तर की विघटन ऊर्जा इतनी अधिक होगी कि युग्मी इलेक्ट्रानों के अंतराइलेक्ट्रानी प्रतिकर्षण की ऊर्जा से भी ज्यादा निकलेगी। इस स्थिति में सारे छः d-

इलेक्ट्रानों का d_ε^- उपस्तर पर सबसे बेहतर वितरण निम्न आरेख द्वारा व्यक्त संभव होगा :

इसके परिणामस्वरूप आयन $[Co(CN)_6]^{3-}$ में सभी इलेक्ट्रान युग्मी होते हैं तथा खुद आयन प्रतिचुंबकीय होता है।

अगर उपस्तर d_γ पर कोई अपूरित कक्षक है, तो प्रकाश के मिश्रित यौगिक द्वारा अवशोषण के दौरान इलेक्ट्रान का निम्न ऊर्जा उपस्तर d_ε से उपस्तर d_γ पर स्थानान्तरण संभव है। यह स्थानान्तरण मिश्रित यौगिक का वर्ण निर्धारित करता है, क्योंकि प्रकाश के अवशोष्य क्वांटम की ऊर्जा (E) विघटन ऊर्जा (Δ) के बराबर होती है। अवशोषित पदार्थ के 1 mol के लिये निम्न अनुपात ठीक बैठता है :

$$\Delta = E \cdot N_A = h_\lambda N_A = h \cdot cN_A/\lambda$$

यहाँ N_A — अवोगाद्रो स्थिरांक ; h — प्लांक स्थिरांक ; c — प्रकाश की गति ; γ व λ अवशोष्य प्रकाश की आवृत्ति व तरंग-दैर्घ्य।

दिखाई दे रहे स्पैक्ट्रम के विभिन्न वर्णों में रंगे भाग निम्न तरंग दैर्घ्यों के संगत होते हैं :

बैंगनी 400—424 ना० मी० पीला 575—585 ना० मी०
आसमानी 424—490 ना० मी० नारंगी 585—647 ना० मी०
हरा 490—575 ना० मी० लाल 647—710 ना० मी०

पदार्थ द्वारा स्पैक्ट्रम के निश्चित भाग के अवशोषण के समय पदार्थ खुद अतिरिक्त वर्ण में रंग जाते हैं :

स्पैक्ट्रम का अवशोष्य भाग	पदार्थ का वर्ण
बैंगनी	हरा-पीला
नीला	पीला
आसमानी	नारंगी
नीला-हरा	लाल
हरा	गहरा लाल
लाल	हरा

उदाहरण 2. बताइये कि स्वर्ण (I) के यौगिक अवर्णी और स्वर्ण (III) के वर्णी क्यों होते हैं?

हल. स्वर्ण (I) के आयन Au^+ का इलेक्ट्रान विन्यास $5d^{10}$ होता है। सारे... 5α-कक्षक भरे हुए हैं और इलेक्ट्रानों का d_ε से d_γ उपस्तर पर स्थानान्तर असंभव है।

स्वर्ण (III) के आयन Au^{3+} का इलेक्ट्रान विन्यास... $5d^8$ होता है, अत: ऊपरी ऊर्जा उपस्तर (d_x) पर दो रिक्त स्थान हैं। प्रकाश के अवशोषण के समय इलेक्ट्रानों का उपस्तर d_ε से उपस्तर d_γ पर स्थानान्तर Au (III) के यौगिकों को वर्णी बना देता है।

उदाहरण 3. आयन $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ द्वारा दृश्य प्रकाश का अधिकतम अवशोषण तरंग दैर्घ्य λ-304 ना० मा० के समकक्ष है। d – उपस्तर की विघटन ऊर्जा का कलन कीजिये।

हल. सूत्र $\Delta = h \cdot cN_A/\lambda$ में $h = 6.6 \times 10^{-34}$ जूल c^{-1}, $c = 3 \times 10^8$ $M \cdot c^{-1}$, $\lambda = 304$ ना० मा० $= 3.04 \times 10^{-7} M$, $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ mol^{-1} मोल । ये मान सूत्र में भरने से हमें निम्न परिणाम प्राप्त होता है:

$$\Delta = 6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \times 6.02 \times 10^{23} / 3.04 \times 10^{-7} =$$

$$= 3.49 \times 10^5 \text{ जूल} \times \text{मोल}^{-1} = 349 \text{ कि. जूल मोल}^{-1}$$

उदाहरण 4. आयन $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ के लिये विघटन ऊर्जा $167.2 kJ \times mol^{-1}$ के बराबर है। जलीय विलयनों में क्रोमियम (III) के यौगिकों का वर्ण कैसा है?

हल. कलन के लिये यहाँ भी उक्त सूत्र इस्तेमाल करते हैं:

$$\Delta = h \cdot cN_A/\lambda$$

ग्रर्थात् $\lambda = \frac{h \cdot cN_A}{\Delta} = 6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 \times 6.02 \times$
$\times 10^{23}/167.2 \times 10^3 = 0.71 \times 10^{-6}$ M $= 710_{\text{ना० म०}}$

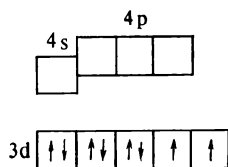
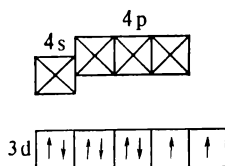
ग्रत: ग्रायन $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ स्पैक्ट्रम के लाल हिस्से में प्रकाश ग्रवशोषित करता है तथा जलीय विलयनों में क्रोमियम (III) के यौगिकों का वर्ण हरा (लाल के ग्रतिरिक्त) है।

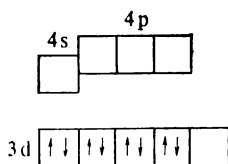
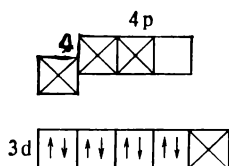
मिश्रित यौगिकों की व्यौमिक संरचना संयोजकता ग्रनुबंधों के द्रष्टिकोण से समझायी जा सकती है जिसके ग्रनुसार संकुलन कर्मकों व संलग्नियों के बीच सहसंयोजी ग्रनुबंधों के निर्माण के फलस्वरूप मिश्रित कण उत्पन्न होते हैं। इस समय संकुलन कर्मक ग्राही के (या ग्रायन) के रिक्त कक्षकों के ग्रर्थात इलक्ट्रानों के ग्रवियोजित युग्मी संलग्नियों के कक्षकों (दाताग्रों) द्वारा ग्रतिव्यापन के परिणामस्वरूप σ ग्रनुबंध बनता है। σ ग्रनुबंधों की ग्रधिकतम संभव्य संख्या संकुलन कर्मक की समन्वय संख्या निश्चित करती है।

चूंकि समान संलग्नियों में निर्मित σ ग्रनुबंध समान होते हैं, तो मिश्रित कण के बनने के साथ-साथ संकुलन कर्मक के ग्राही कक्षकों का संकरण होता है। समन्वय संख्या 4 होने पर ग्रक्सर sp^3 — संकरण बनता है जो संलग्नियों के चतुष्फलकीय समन्वय के या $d_{sp}{}^2$ संकरण के संगत है। समन्वय संख्या 6 होने पर संलग्नियों का ग्रष्टफलकीय समन्वय होता है जो $d^2{}_{sp}{}^3$ या sp^3d^2 संकरणों द्वारा निर्धारित होता है।

निर्मित सम्मिश्रों के चुंबकीय गुणों के प्रायोगिक ग्रांकड़े संकरण की किस्म निर्धारित करने का मापदंड हो सकते हैं।

उदाहरण 5. ग्रायन $[NiCl_4]^{2-}$ ग्रनुचुंबकीय है ग्रौर ग्रायन $[Ni(CN)_4]^{2-}$ – प्रतिचुंबकीय है। ग्रायन Ni^{2+} के प० क० संकरण की किस्म तथा प्रत्येक मिश्रित ग्रायन की व्यौमिक संरचना बताइये।

हल. ग्रायन Ni^{2+} का इलेक्ट्रानी विन्यास ... $3s^2 3p^6 3d^8$ है। हुंड नियम के ग्रनुसार रिक्त कक्षकों के इलेक्ट्रानों द्वारा भरने के ग्रारेख का रूप निम्न है:

ग्रायन $[NiCl_4]^{2-}$ ग्रनुचुंबकीय है, ग्रत: उसके ग्रंदर ग्रयुग्मी इलेक्ट्रान सुरक्षित हैं तथा ग्रायन Ni^{2+} का एक 4s व तीन 4p कक्षक ग्राही कक्षकों (ये कक्षक ⊠ चित्र द्वारा व्यक्त किये गये हैं) का काम करते हैं:

इस प्रकार ग्रायन $[NiCl_4]^{2-}$ के बनने के दौरान निकेल के प० क० का sp^3 संकरण होता है। इस ग्रायन की व्यौमिक संरचना – चतुष्फलकीय है।

प्रतिचुंबकीय ग्रायन $[Ni(CN)_4]^{2-}$ में ग्रयुग्मी इलेक्ट्रान नहीं हैं। ग्रत: इस ग्रायन के बनने के दौरान ग्रायन Ni^{2+} के ग्रकेले इलेक्ट्रान का युग्मन होता है तथा एक 3d कक्षक स्वतंत्र हो जाता हैं

ग्रब एक 3d , एक 4s व दो 4p कक्षक ग्राही का काम करते हैं।

ग्राही कक्षकों का संकरण ($d_{sp}{}^2$ संकरण) आयन $[Ni(CN)_4]^{2-}$ की संरचना वर्गीयसमतल कर देता है।

प्रश्न

728. अष्टफलकीय सम्मिश्र $[Cr(CN)_6{}^{3-}$ d_ε में d_γ व कक्षकों पर केन्द्रीय परमाणु के इलेक्ट्रानों के वितरण का आरेख बनाइये।

729. आयनों $[Fe(CN)_6]^{3-}$ व $[Fe(CN)_6]^{4-}$ में कौनसे चुंबकीय गुण विद्यमान हैं?

730. समझाइये कि ताम्र (I) के यौगिक अवर्णी तथा ताम्र (II) के वर्णी क्यों होते हैं?

731. मिश्रित आयन $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ के लिये दृश्य प्रकाश का अधिकतम अवशोषण 304 ना० म० तरंग दैर्घ्य के संगत है तथा आयन $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$ के लिये – तरंग दैर्घ्य 365 ना० म० के। इन मिश्रित आयनों में d-उपस्तर की विघटन ऊर्जा का कलन करें।

732. जलीय विलयनों में मैंगनीज (III) के यौगिकों का वर्ण कैसा है, अगर आयन $[Mn(H_2O)_6[^{3+}$ के लिये $\Delta=250.5\ kJ\times mol^{-1}$? इस आयन द्वारा दृश्य प्रकाश का अधिकतम आवशोषण कितने तरंग-दैर्घ्य के संगत है?

733. आयन $[Rh(H_2O)_6]^{3+}$ के लिये $\Delta=321.6kJ\times mol^{-1}$। इस आयन का वर्ण तथा अधिकतम अवशोषण की स्थिति निश्चित करें।

734. आयन Ag^+ व Zn^{2+} अवर्णी क्यों हैं?

735. आयन $[FeF_6|^{4-}$ में केन्द्रीय परमाणु के प० क० के संकरण की कौनसी किस्म प्राप्त होती है, अगर इस आयन के चुंबकीय आघूर्ण का मान उसके अंदर चार अयुग्मी इलेक्ट्रानों की उपस्थिति को प्रमाणित करता है?

736. आयन $[Ni(NH_3)_6]^{2+}$ अनुचुंबकीय है। आयन Ni^{2+} के प० क० के संकरण की किस्म निश्चित कीजिये।

737. आयन $[Fe(CN)_6]^{4-}$ प्रतिचुंबकीय है। आयन Fe^{2+} के प० क० के संकरण की किस्म निश्चित कीजिये।

738. आयन $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ की व्यौमिक संरचना कैसी है? इस आयन के चुंबकीय गुण कैसे हैं?

739. आयन $[CoCl_4]^{2-}$ की व्यौमिक संरचना निर्धारित करें। यह ध्यान रखना चाहिये कि इस आयन के चुंबकीय आघूर्ण का मान इसके अंदर तीन अयुग्मी इलेक्ट्रानों की उपस्थिति प्रमाणित करता है।

740. आयन $[AuCl_4]^-$ प्रतिचुंबकीय है। इस आयन की व्यौमिक संरचना निश्चित कीजिये।

741. आयन $[Mn(CN)_6]^{4-}$ का अनुचुंबकत्व अकेले अयुग्मी इलेक्ट्रान द्वारा निर्धारित होता है। Mn^{2+} आयन के आ० क० के संकरण की किस्म निर्धारित कीजिये।

अपना ज्ञान परखिये

742. आयन $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$ हरे वर्ण में रंगा है तथा आयन $[Co(H_2O)_6]^{3+}$ लाल वर्ण में। इन आयनों द्वारा प्रकाश के अधिकतम अवशोषण के संगत तरंग दैर्घ्यों के बीच संबंध निश्चित करें:

(a) $\lambda_{Cr} > \lambda_{Co}$; (b) $\lambda_{Cr} = \lambda_{Co}$; (c) $\lambda_{Cr} < \lambda_{Co}$

743. निम्न में से कौनसे आयन अवर्णी हैं:

(a) $[CuCl_2]^-$; (b) $[CuCl_4]^{2-}$; (c) $ZnCl_4]^{2-}$
(d) $[FeCl_4]^-$; (e) $[Cu(NH_3)_2]^+$; (f) $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$

क्योंकि: (1) इन आयनों में केन्द्रीय परमाणु उच्चतम उपचयन अवस्था प्रदर्शित करता है; (2) इन आयनों में केन्द्रीय परमाणु उच्चतम उपचयन अवस्था प्रदर्शित नहीं करता है; (3) इन आयनों में केन्द्रीय आयन में संपूरित 3d—कोश उपस्थित होता है; (4) इन आयनों में केन्द्रीय आयन में असंपूरित 3d—कोश उपस्थित होता है।

744. निम्न में से कौनसे ग्रायन ग्रनुचुंबकीय हैं :

(a) $[Fe(CN)_6]^{3-}$; (b) $[Fe(CN)_6]^{4-}$; (c) $[Co(H_2O)_6]^{2+}$

(d) $[Co(H_2O)_6]^{3+}$; (e) $[FeF_6]^{4-}$?

क्योंकि : (1) संलग्नी तीव्र क्षेत्र बनाता है तथा 6d-इलेक्ट्रान d_ε उपस्तर के तीन कक्षकों को भरते हैं ; (2) संलग्नी क्षीण क्षेत्र बनाता है तथा सारे कक्षक हुंड नियम के ग्रनुसार भर जाते हैं ; (3) केन्द्रीय ग्रायन में इलेक्ट्रानों की विषम संख्या उपस्थित होती है।

745. प्रतिचुंबकीय ग्रायन $[NiCl_4]^{2-}$ व ग्रनुचुंबकीय ग्रायन $[PdCl_4]^{2-}$ की व्यौमिक संरचना समान है या नहीं : (a) समान है ; (b) ग्रसमान है ?

क्योंकि : (1) केन्द्रीय ग्रायनों के संयोजकता कक्षकों का इलेक्ट्रानी विन्यास सामान्य सूत्र nd^8 द्वारा व्यक्त किया जाता है ; (2) तुलनीय केन्द्रीय ग्रायनों के ग्रसमान ग्राही कक्षकों की सहायता से σ ग्रनुबंध बनते हैं।

ग्रध्याय 10

धातुग्रों के सामान्य गुण.

ऐलाय

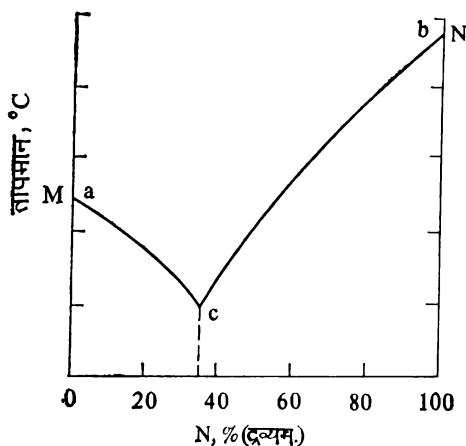
द्रव ग्रवस्था में ग्रधिकांश धातुएं एक दूसरी में घुल जाती हैं तथा एक सजातीय द्रव ऐलाय बनाती हैं। गलित ऐलाय का क्रिस्टलीकरण करने पर ग्रलग-ग्रलग धातुएं विभिन्न प्रकार से व्यवहार करती हैं। निम्न तीन ग्रवस्थाएं मुख्य हैं :

1) ऐलाय ग्रपने प्रत्येक घटक के क्रिस्टलों का यांत्रिकीय मिश्रण होता है।

2) ऐलाय मिश्रित की जाने वाली धातुग्रों की व्यतिक्रिया से बना रासायनिक यौगिक होता है।

3) ऐलाय प्रतिवर्ती घटकों की सजातीय प्रावस्था होता है, जिसको ठोस विलयन कहते हैं।

ऐलायों की प्रकृति प्राय : उनके प्रावस्था ग्रारेखों के ग्रध्ययन की सहायता से निर्धारित की जाती है। ये ग्रारेख उन प्रावस्थाग्रों को

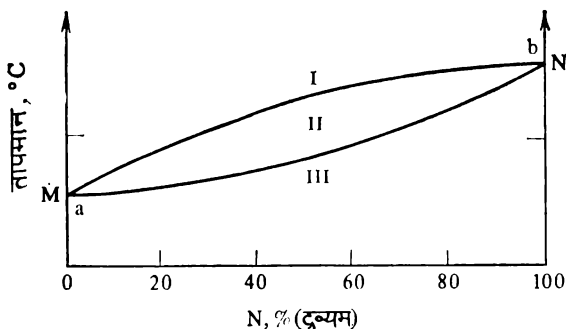
दिखाते हैं जो दी गयी परिस्थितियों में संभव हो सकती हैं। इन ग्रारेखों में तापमान कोटि-ग्रक्ष पर तथा ऐलाय की संरचना भुजाक्ष पर लिखी जाती है।

चित्र 6. कठोर विलयन ग्रौर रासायनिक यौगिक न बनने वाले दो धातुग्रों से बनी प्रणाली का प्रावस्था ग्रारेख।

चित्र 7. एक रासायनिक यौगिक बनाने वाली दो धातुग्रों से बनी प्रणाली का प्रावस्था ग्रारेख।

अगर दो धातुएं M व N मिश्रित किये जाने पर रासायनिक यौगिक नहीं बनाती हैं, तो आम तौर पर प्रावस्था आरेख का रूप चित्र 6 जैसा होगा। बिदुं a शुद्ध धातु M का गलनांक दिखाता है। जैसे ही इस धातु में धातु N मिलायी जाती है, आरंभ में गलनांक गिरता है और फिर ऐलाय में धातु N की मात्रा को और अधिक बढ़ाने से यह उच्च होकर बिदुं b तक पहुंच जाता है जो शुद्ध धातु N के गलनांक के संगत होता है। वक्र acb यह दिखाता है कि धातुओं M व N से बने सारे ऐलायों में उस ऐलाय का, जिसकी संरचना बिंदु c के संगत है (दी गयी परिस्थिति में इसमें 37% धातु N उपस्थित है, अत: 63% धातु M उपस्थित है) गलनांक निम्नतम होता है। निम्नतम गलनांक वाला ऐलाय गलनक्रांतिक कहलाता है।

जब एक द्रव ऐलाय, जिसका गठन गलनक्रांतिक से भिन्न है, ठंडा करते हैं, तो वह धातु ठोस प्रावस्था के रूप में अलग हो जायेगी, जिसकी ऐलाय में मात्रा गलनक्रांतिक की तुलना में अधिक है। उदाहरणतया, जब एक ऐलाय, जिसमें 70% धातु N उपस्थित हैं, ठंडा करते हैं, तो सर्वप्रथम धातु N अलग होगी। जैसे–जैसे धातु अलग होती जायेगी, उसके क्रिस्टलीकरण का तापमान घटता जायेगा तथा ऐलाय के बाकी भाग का गठन धीरे-धीरे गलनक्रांतिक के समीप होने लगेगा। जब ऐलाय के द्रव भाग का गठन गलनक्रांतिक जैसा हो जायेगा तथा इसका तापमान भी गलनक्रांतिक तापमान तक पहुंच जायेगा, ऐलाय का सारा द्रव भाग दोनों धातुओं के नन्हें-नन्हें क्रिस्टलों के मिश्रण के रूप में जम जायेगा।

अगर मिश्रित किये जाने पर धातुएं एक रासायनिक यौगिक बनाती हैं तो प्रावस्था आरेख का रूप चित्र 7 जैसा होगा। यहाँ दो गलनक्रांतिक हैं: c_1 व c_2। उच्चतम (बिंदु d) धातुओं M व N द्वारा बनाये रासायनिक यौगिक के गलनांक के संगत है, जबकि बिंदु e भुजाक्ष पर इसकी संरचना दिखाता है।

इस प्रकार रासायनिक यौगिक वाली प्रणाली का प्रावस्था आरेख पहली किस्म के दो आरेखों से बना लगता है। अगर घटक एक दूसरे के साथ मिलकर दो या अधिक रासायनिक यौगिक बनाते हैं, तो

चित्र 8. कठोर विलयनों की निरंतर श्रेणी बनाने वाली दो धातुओं से बनी प्रणाली का प्रावस्था आरेख।

आरेख पहली किस्म के तीन, चार या अधिक आरेखों से बना लगता है।

जिस ऐलाय के घटक ठोस विलयन (असीमित पारस्परिक विलेयता की स्थिति) बनाते हैं, चित्र 8 उसके लिये अति साधारण प्रावस्था का एक उदाहरण है। बिंदु a व b शुद्ध धातुओं के गलनांक दिखाते हैं। गलनांक वक्र (नीचे वाला वक्र) तथा कठोरन वक्र (ऊपर वाला वक्र) के आकार का संबंध इस बात के साथ है कि गलन को ठंडा किये जाने पर अलग होने वाले क्रिस्टलों में दोनों घटक उपस्थित होते हैं। गलन आरेख में I क्षेत्र के संगत है, गलन तथा ठोस विलयन के क्रिस्टलों का सहअस्तित्व – क्षेत्र II के तथा ठोस विलयन – क्षेत्र III के।

प्रावस्था आरेखों की सहायता से ऐलायों की प्रकृति से संबंधित कई प्रश्न हल किये जा सकते हैं: ऐलायों की संरचना जानना मिश्रित की गयी धातुओं द्वारा बनाये यौगिकों की संख्या व गठन तथा गलनक्रांतिक का गठन निर्धारित करना आदि।

उदाहरण 1. हमारे पास 400g ऐलाय है जिसमें 30% टिन तथा 70% लेड उपस्थित हैं। इनमें से कौनसी धातु और किस मात्रा में ऐलाय में गलनक्रांतिक में क्रिस्टलों के रूप में संसेचित है, अगर

गलनक्रांतिक में 64% (द्रव्यमान) टिन व 36% (द्रव्यमान) लेड उपस्थित हैं ?

हल. हम 400g ऐलाय में प्रत्येक धातु का द्रव्यमान कलित करते हैं :

$$400 \times 0.30 = 120 \text{ g} \text{ टिन व } 400 \times 0.70 = 280 \text{ g} \text{ लेड}$$

चुंकि ऐलाय में टिन की प्रतिशत मात्रा गलनक्रांतिक की तुलना में कम है, तो यह स्पष्ट है कि सारा टिन गलनक्रांतिक में है। इस तथ्य के आधार पर हम गलनक्रांतिक का द्रव्यमान ज्ञात करते हैं :

$$120 : x = 64 : 100; \quad x = \frac{120 \times 100}{64} = 187.5 \text{ g}$$

ऐलाय का बाकी भाग गलनक्रांतिक में संसेचित लेड क्रिस्टलों द्वारा बना है। उनका द्रव्यमान $400 - 187.5 = 212.5$g है।

उदाहरण 2. टिन को मैग्नीशियम के साथ मिलाने पर अंतराधात्विक यौगिक Mg_2Sn बनता है। धातुओं को किस अनुपात में मिलाया जाये कि प्राप्त ऐलाय में 20% (द्रव्यमान के प्रति) मुक्त मैग्नीशियम उपस्थित मिले ?

हल. हम Mg_2Sn में मैग्नीशियम और टिन की (द्रव्यमान के प्रति) प्रतिशत मात्रा ज्ञात करते हैं। यौगिक में 28.7% मैग्नीशियम तथा 71.3% टिन उपस्थित हैं।

उदाहरण के आंकड़ों के अनुसार 100g ऐलाय में 20g मैग्नीशियम तथा 80g Mg_2Sn उपस्थित हैं। हम 80g Mg_2Sn में प्रत्येक धातु की मात्रा ग्रामों में ज्ञात करते हैं :

$$80 \times 0.287 = 23 \text{ g Mg}; \quad 80 \times 0.713 = 57 \text{ g Sn}$$

अत : उदाहरण में दी गयी संरचना वाले ऐलाय की 100g मात्रा प्राप्त करने के लिये हमें प्रति 57g टिन के लिये $23+20=43$g मैग्नीशियम लेना चाहिये, अर्थात टिन और मैग्नीशियम 57 : 43 के अनुपात में लेने चाहियें।

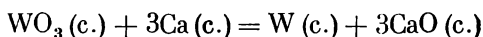
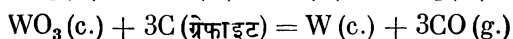
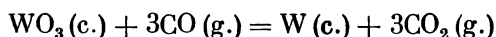
प्रश्न

746. धातुओं के भौतिकीय गुण एक जैसे क्यों होते हैं ? इन गुणों की विशेषताएं बताइये।

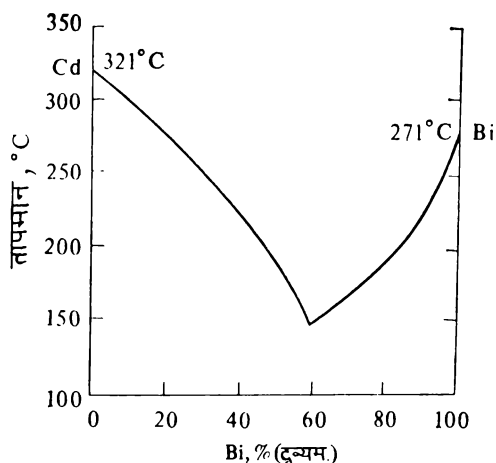
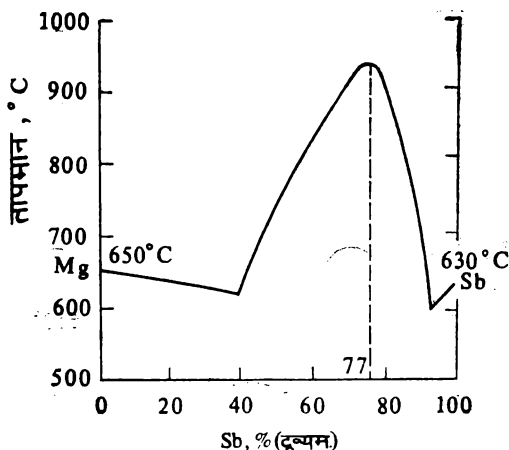
747. आण्विक कक्षकों की विधि के आधार पर क्रिस्टलीय अवस्था में धातुओं की संरचना की विशेषताएं समझाइये।

748. अयस्कों से धातुओं के निष्कर्षण की मुख्य विधियां बताइये।

749. परिशिष्ट की सारणी 5 का प्रयोग करके निर्धारित करें कि निम्न में से कौनसी अभिक्रियाएं सामान्य परिस्थितियों में घट से कौनसी अभिक्रियाएं सामान्य परिस्थितियों में घट सकती हैं:

$$WO_3\,(c.) + 3CO\,(g.) = W\,(c.) + 3CO_2\,(g.)$$
$$WO_3\,(c.) + 3C\,(\text{ग्रेफाइट}) = W\,(c.) + 3CO\,(g.)$$
$$WO_3\,(c.) + 3Ca\,(c.) = W\,(c.) + 3CaO\,(c.)$$

750. क्या निम्न अभिक्रिया द्वारा धात्विक टाइटेनियम प्राप्त किया जा सकता है:

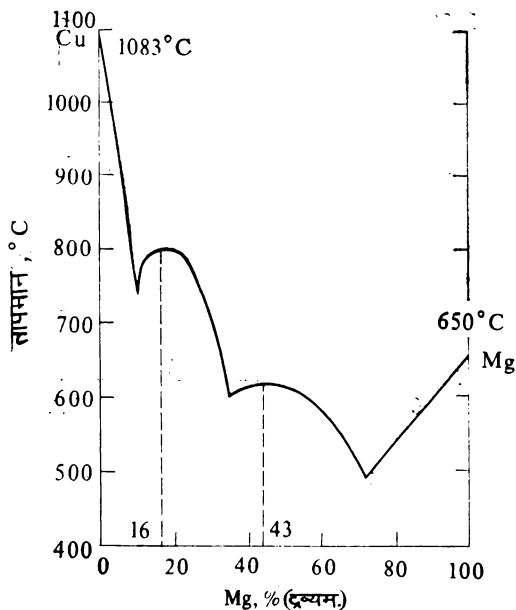
$TiCl_4$ (द्रव) $+ 2Mg(c.) = Ti(c.) + 2MgCl_2(c.)$? अपने उत्तर को स्पष्ट करने के लिये ΔG°_{298} का कलन करें।

751. ऐलायों में (a) 20% Bi; (b) 60% Bi व (c) 70% Bi

चित्र 9. प्रणाली Cd — Bi का प्रावस्था आरेख।

चित्र 10. प्रणाली Mg — Sb का प्रावस्था आरेख।

उपस्थित हैं। प्रणाली Cd — Bi (चित्र 19) के प्रावस्था आरेख (गलन वक्र) का प्रयोग करके यह निर्धारित करें कि उन द्रव ऐलायों को ठंडा करने पर उक्त में से कौनसी धातु किस तापमान पर पहले अलग होना शुरू हो जाती है?

752. कापर और ऐलुमिनियम के द्रव ऐलाय, जिसमें 25% (द्रव्यमान के प्रति) कापर उपस्थित है, को ठंडा करने पर कौनसी धातु अलग होगी, अगर गलनक्रांतिक में 32.5% (द्रव्यमान के प्रति) कापर है? 200g ऐलाय से इस धातु की कितने ग्राम मात्रा अलग की जा सकती है?

753. टिन और लेड के एक ऐलाय में 73% (द्रव्यमान के प्रति) टिन उपस्थित है। अगर गलनक्रांतिक में 64% (द्रव्यमान के प्रति) टिन है, तो 1kg ठोस ऐलाय में गलनक्रांतिक का द्रव्यमान कितना होगा?

754. सिल्वर के सिक्के अक्सर ऐसे ऐलाय से ढाले जाते हैं जिसमें सिल्वर और कापर समान मात्रा में उपस्थित होते हैं। गलनक्रांतिक में क्रिस्टलों के रूप में संसेचित ऐसे 200g ऐलाय में कितने ग्राम कापर है, अगर गलनक्रांतिक में 28% (द्रव्यमान के प्रति) कापर उपस्थित है?

चित्र 11. प्रणाली Cu — Mg का प्रावस्था

755. प्रणाली Mg—sb (चित्र 10) के प्रावस्था आरेख का प्रयोग करते हुए इन धातुओं द्वारा बने अंतराधात्विक यौगिक का सूत्र निर्धारित करें। द्रव गलन, जिसमें 60% (द्रव्यमान के प्रति) ऐंटिमनी उपस्थित है, को ठंडा करने पर जो ठोस प्रावस्था पहले अलग होती है, उसका गठन क्या होगी? ठोस बना ऐलाय क्या चीज़ है?

756. प्रणाली Cu—Mg (चित्र 11) के प्रावस्था आरेख का प्रयोग करते हुए इन धातुओं द्वारा बने अंतराधात्विक यौगिकों के सूत्र ज्ञात करें।

757. जब मैग्नीशियम और लेड मिलाये जाते हैं, तो एक अंतराधात्विक यौगिक बनता है जिसमें 81% (द्रव्यमान के प्रति) लेड उपस्थित होता है। यौगिक का सूत्र निर्धारित करें तथा कलन करके बतायें कि मैग्नीशियम व लेड की समान मात्राओं से बने 1 kg ऐलाय में इस यौगिक की कितने ग्राम मात्रा उपस्थित है?

अध्याय 11

तत्वों की आवर्त सारणी. तत्वों और उनके यौगिकों के गुण

1. सामान्य नियम

758. किस सिद्धांत के आधार पर तत्वों को ग्रुपों व उपग्रुपों में सम्मिलित किया गया है?

759. VII ग्रुप के तत्व मैंगनीज में धात्विक गुण प्रबल क्यों हैं जबकि इसी ग्रुप में हैलोजेन विशिष्ट अधातुएं हैं? उत्तर देते समय इन तत्वों के परमाणुओं की संरचना को आधार बनाइये।

760. मुख्य उपग्रुप के तत्वों के परमाणुक नाभिकों के आवेश में वृद्धि के साथ तत्वों की संयोजकता संभावनाएं तथा समन्वय संख्याएं किस प्रकार परिवर्तित होती हैं? इस प्रश्न को हल करते समय VI ग्रुप के तत्वों को उदाहरण के रूप में लें। सल्फ्यूरिक, सिलीनिक व टैल्यूरिक अम्ल के सूत्र लिखिये।

761. तत्व के परमाणुक नाभिकों के आवेश में वृद्धि के साथ मुख्य व द्वितीय उपग्रुपों में आक्साइडों व हाइड्राक्साइडों का स्थायित्व किस प्रकार परिवर्तित होता है? उत्तर की पुष्टि उदाहरणों द्वारा करें।

762. द्वितीय आवर्त तत्वों और अगले आवर्तों में उनके इलेक्ट्रान सदृशरूपों के गुणों के बीच अंतर किस प्रकार समझाये जा सकते हैं?

763. तत्वों की विकर्णी समानता किस प्रकार व्यक्त होती है? इसके कारण बताइये। बेरिलियम, मैग्नीशियम व ऐलुमिनियम के गुणों की तुलना करें।

764. आवर्त सारणी के मुख्य उपग्रुप के तत्वों द्वारा बनाये सरल पदार्थों के भौतिक व रासायनिक गुणों में परिवर्तन के सामान्य नियम क्या हैं: (a) आवर्त में; (b) ग्रुप में?

765. तत्वों के परमाणुक नाभिकों के आवेश में वृद्धि के साथ उनके उच्च आक्साइडों व हाइड्राक्साइडों के अम्ल भस्मीय व उपापचयन गुण किस प्रकार परिवर्तित होते हैं: (a) आवर्त में; (b) ग्रुप में?

766. लैन्थेनाइडों के रासायनिक गुणों में समानता कैसे समझायी जा सकती है?

767. किस तत्व के गुण मालिब्डेनम से ज्यादा मिलते हैं—सिलीनियम के या क्रोमियम के? इस तथ्य को कैसे समझाते हैं?

768. आवर्त सारणी में तत्वों की स्थिति के आधार पर बताइये कि (a) किस हाइड्राक्साइड में—$Sn(OH)_2$ या $Pb(OH)_2$—भस्मीय गुण अधिक स्पष्ट हैं; (b) कौनसा लवण अधिक मात्रा में जलापघटित होता है—सोडियम स्टैनेट या सोडियम प्लुम्बेट; (c) कौनसा आक्साइड प्रबल उपचायक है—SnO_2 या PbO_2??

769. परमाणु क्रमांक 87 वाले कृत्रिम तत्व के रासायनिक गुण क्या हैं? आवर्त सारणी का कौनसा तत्व इसके साथ सबसे ज्यादा मिलता है?

2. हाइड्रोजन

770. प्रोटियम, ड्यूटीरियम और ट्राइटियम के परमाणुओं का वर्णन कीजिये। इन परमाणुओं के बीच क्या अंतर है? कौनसे हाइड्रोजन समस्थानिक स्थायी हैं?

771. हाइड्रोजन परमाणु की संरचना के आधार पर (a) हाइड्रोजन की संभव संयोजकता अवस्थाएं तथा उपचयन संख्याएं बताइये; (b) संयोजकता अनुबंध तथा आण्विक कक्षक विधि के दृष्टिकोण से H_2 अणु की संरचना का वर्णन कीजिये; (c) बताइये कि H_3 अणु का बनना असंभव क्यों है।

772. हाइड्रोजन अणुओं और आक्सीजन अणुओं के बीच हाइड्रोजन अनुबंध क्यों नहीं बनते?

773. हाइड्रोजन किन आयनों के रूप में रासायनिक यौगिकों की संरचना में उपस्थित हो सकता है?

774. आवर्त सारणी में हाइड्रोजन को I ग्रुप में भी रखा गया है और VII ग्रुप में भी। ऐसा क्यों है?

775. औद्योगिक स्तर पर तथा प्रयोगशाला में हाइड्रोजन को कैसे प्राप्त करते हैं? अभिक्रियाओं के समीकरण लिखें।

776. क्या H_2SO_4, K_2SO_4, KCl, $CuSO_4$, NaOH

के जलीय विलयन हाइड्रोजन की विद्युत अपघटनी प्राप्ति के लिये विद्युत-अपघट्य के रूप में प्रयुक्त किये जा सकते हैं?

777. हाइड्रोजन प्राप्त करने की लौह-वाष्प विधि प्रतिवर्ती अभिक्रिया $3Fe + 4H_2O \rightleftarrows Fe_3O_4 + 4H_2$ पर आधारित है। इस क्रिया को किन परिस्थितियों में कराया जाये कि अभिक्रिया लौह के पूर्ण उपचयन तक घटे?

778. क्या हाइड्रोजन सान्द्रित सल्फ्यूरिक अम्ल द्वारा सूखाया जा सकता है?

779. हाइड्रोजन को आक्सीजन, कार्बन डाइआक्साइड और नाइट्रोजन से भिन्नता कैसे पता लगायी जा सकती है?

780. प्रयोगशाला में प्राप्त हाइड्रोजन की शुद्धता की जांच कैसे की जा सकती है?

781. परमाण्वीय व आणविक हाइड्रोजन के गुणों में अंतर बताइये। क्या परमाण्वीय व आणविक हाइड्रोजन की दहन ऊष्माएं समान हैं? अपने उत्तर का कारण समझाइये।

782. हाइड्रोजन व हाइड्रोजन आयनों के उपापचयन गुणों की विशेषताएं बताइये। अभिक्रियाओं के उदाहरण दें।

783. धातुओं के हाइड्राइड कैसे प्राप्त किये जाते हैं? (a) कैल्सियम हाइड्राइड प्राप्त करने तथा (b) इसकी जल के साथ अभिक्रिया के समीकरणों को बनाइये।

784. क्षेत्र की परिस्थितियों में वायुस्थापियों को भरने के लिये कभी-कभी कैल्सियम हाइड्राइड की जल के साथ अभिक्रिया का इस्तेमाल किया जाता है। $500 m^3$ वायुस्थापी को भरने के लिये कितने किलोग्राम CaH_2 इस्तेमाल करना पड़ेगा (परिस्थितियों को सामान्य मानकर)? इस काम में कितना जिंक व सल्फ्यूरिक अम्ल चाहिये?

785. हाइड्रोजन और आक्सीजन सामान्य ताप पर एक दूसरे के साथ अभिक्रिया क्यों नहीं करते हैं, जबकि 700°C पर अभिक्रिया तत्काल घट जाती है?

786. हाइड्रोजन परआक्साइड प्राप्त करने की विधियां बताइये, अभिक्रियाओं के समीकरण बनाइये।

787. क्या हाइड्रोजन और आक्सीजन को प्रत्यक्ष अभिक्रिया से H_2O_2 प्राप्त कर सकते हैं? अपने उत्तर का कारण समझाइये।

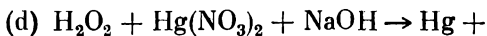
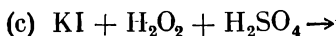
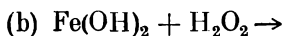
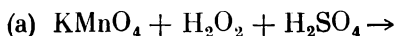
788. H_2O_2 के अणु की संरचना का वर्णन करें। यह अणु ध्रुवीय क्यों है?

789. हाइड्रोजन परआक्साइड के वियोजन का समीकरण लिखिये। यह किस किस्म की उपापचयन अभिक्रिया के साथ संबंधित है?

790. 150g H_2O_2 विलयन में मैंगनीज डाइआक्साइड की थोड़ी सी मात्रा मिलायी गयी। सामान्य परिस्थितियों में मुक्त हुए आक्सीजन का आयतन $10^{-3}m^3$ था। आरंभिक विलयन की प्रतिशत सान्द्रता का कलन करें।

791. Na_2O_2 के जलापघटन की अभिक्रिया का समीकरण आयनी-आण्विक रूप में लिखिये। क्या Na_2O_2 विलयन के विरंजक गुण सुरक्षित रहेंगे, अगर उसे उबालते हैं?

792. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें:

(a) $KMnO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
(b) $Fe(OH)_2 + H_2O_2 \rightarrow$
(c) $KI + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
(d) $H_2O_2 + Hg(NO_3)_2 + NaOH \rightarrow Hg +$
(e) $AgNO_3 + H_2O_2 + NaOH \rightarrow$

अपना ज्ञान परखिये

793. निम्न में से कौनसे आयन व अणु संभव नहीं हो सकते? (a) H_2^{2+}; (b) H_2^+; (c) H_2; (d) H_2^-; (e) H_2^{2-}।

क्योंकि

(1) अनुबंध बहुकता शून्य के बराबर है;
(2) पाउली नियम का उल्लंघन होता है;
(3) अनुबंध बहुकता इकाई से कम है।

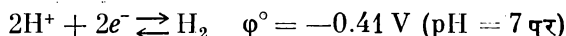
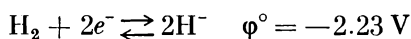
794. निम्न में से कौनसे परमाणु, आयन व अणु प्रतिचुंबकीय हैं?
(a) H; (b) H_2; (c) H_2^+; (d) H_2^-।

क्योंकि (1) कण आवेशित नहीं है; (2) कण आवेशित है; (3) इलेक्ट्रानों का कुल प्रचक्रण शून्य के बराबर है, (4) इलेक्ट्रानों का कुल प्रचक्रण शून्य के बराबर नहीं है।

795. सामान्य ताप पर अधिस्फोटी मिश्रण (a) रासायनिक संतुलन की अवस्था में होता है; (b) रासायनिक संतुलन की अवस्था में नहीं होता है।

क्योंकि 1) अभिक्रिया की चाल शून्य के बराबर है; (2) उत्प्रेरक के प्रवेश से अभिक्रिया घटती है।

796. इलेक्ट्रोड विभवों के निम्न मानों के आधार पर स्थापित करें कि क्या हाइड्राइड आयन जलीय विलयनों में विद्यमान हो सकता है?

$$H_2 + 2e^- \rightleftarrows 2H^- \quad \varphi^\circ = -2.23\ V$$
$$2H^+ + 2e^- \rightleftarrows H_2 \quad \varphi^\circ = -0.41\ V\ (pH = 7 \text{ पर})$$

(a) हां; (b) नहीं।

3. हैलोजेन

797. हैलोजेन परमाणुओं की संरचना के आधार पर बताइये कि फ्लुओरीन, क्लोरीन, ब्रोमीन और आयोडीन के लिये कौनसी संयोजकता अवस्थाएं लाक्षणिक हैं? हैलोजेन अपने यौगिकों में कौनसी उपचयन संख्या प्रदर्शित करते हैं?

798. (a) प्रथम आयतन विभवों में परिवर्तन की प्रकृति (b) इलेक्ट्रान प्रति सजातीयता की ऊर्जा में परिवर्तन का स्वरूप इंगित करते हुए हैलोजेन परमाणुओं की तुलनात्मक विशेषताएं बताइये।

799. (a) Hal_2 अणुओं के वियोजन की मानक एन्थैल्पियों में; (b) साधारण ताप तथा दाब पर सरल पदार्थों की समुच्चयावस्था में तथा (c) उपापचयन गुणों में परिवर्तन का स्वरूप इंगित करते हुए हैलोजेनों द्वारा बनाये सरल पदार्थों के गुणों की तुलनात्मक विशिष्टताएं बताइये। इन परिवर्तनों के कारण बताइये।

800. आरेख $Hal_2 \rightleftarrows 2Hal$ के अनुसार फ्लुओरीन, क्लोरीन, ब्रोमियम व आयोडीन के लिए हैलोजेनों के अणुओं की वियोजन ऊर्जाएं

क्रमश : 155, 243, 190, 149 kJ/mol हैं। क्लोरीन के अणुओं के सर्वाधिक स्थायित्व का कारण समझाइये।

801. क्लोरीन की हाइड्रोजन के साथ शृंखला अभिक्रिया का आरेख बनाइये। प्रदीपन इसमें कौनसी भूमिका निभाता है? क्या प्रकाश की आवृत्ति कोई महत्व रखती है?

802. हैलोजेनों की जल व क्षारीय विलयनों (ठंडे व गर्म) के साथ अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये।

803. हैलोजेनों की एक दूसरे के साथ संभव अभिक्रियाओं के उदाहरण दें। उत्पादों में हैलोजेनों के उपचयन स्तर बताइये।

804. 300°C पर HI के तापीय वियोजन की डिग्री 20% है। इस ताप पर प्रणाली $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$ में H_2 व I_2 की संतुलन सान्द्रता 0.96mol/l है।

805. (a) क्वथनांकों व गलनांकों में; (b) तापीय स्थायित्व में व (c) उपचयन गुणों में परिवर्तन का स्वरूप इंगित करते हुए हाइड्रोजन हैलाइडों के गुणों की तुलनात्मक विशेषताएं बताइये। प्रेषित नियमितताओं के कारण बताइये।

806. हाइड्रोजन हैलाइडों को प्राप्त करने की विधियां बताइये। जिन विधियों से HCl प्राप्त किया जाता है, उनसे HI प्राप्त करना असंभव क्यों है?

807. हाइड्रोजन फ्लुओराइड के उत्पादन में प्रयुक्त होने वाले उपकरण के निर्माण के लिये कौनसे पदार्थ लिये जा सकते हैं?

808. हाइड्रोजन फ्लुओराइड के जलीय विलयन को कौनसे पात्रों में रखते हैं? इस विलयन को क्या कहते हैं?

809. सोडियम फ्लुओराइड, अमोनियम फ्लुओराइड, सिलिकन फ्लुओराइड के जलीय विलयनों में माध्यम की प्रतिक्रिया कैसी होती है?

810. क्या हाइड्रोजन हैलाइड किन्हीं अभिक्रियाओं में उपचायक की भूमिका निभा सकते हैं? तर्क सहित उत्तर दें।

811. किन हैलोजेनों की प्रतिक्रिया से निम्न यौगिकों के विलयनों से मुक्त ब्रोमीन उत्सर्जित कर सकते हैं: (a) पोटेशियम ब्रोमाइड (b) पोटेशियम ब्रोमेट? मानक इलेक्ट्रोड विभवों की सारणी का प्रयोग करते हुए अपने उत्तर के पक्ष में तर्क दीजिये।

812. शृंखला HOCl—$HClO_2$—$HClO_3$—$HClO_4$ में निम्न किस प्रकार परिवर्तित होंगे: (a) स्थायित्व; (b) उपचयन गुण व (c) अम्लीय गुण?

813. शृंखला HClO—HBrO—HIO में अम्लीय और उपापचयन गुण किस प्रकार परिवर्तित होंगे?

814. सभी हैलोजेनों में केवल आयोडीन ही बहुक्षारीय आक्सी अम्ल क्यों बनाता है? उच्च आक्सी अम्लों में हैलोजेन के प० क० के संकरण की किस्म बताइये।

815. मुक्त आयोडीन, मैंगनीज डाइआक्साइड व हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से HIO_3 कैसे प्राप्त कर सकते हैं? संगत अभिक्रियाओं के समीकरणों को बनाइये।

816. 168g पोटेशियम हाइड्रोक्साइड से पोटेशियम क्लोरेट की कितनी मात्रा प्राप्त हो सकती है?

817. कैल्सियम कार्बोनेट, सोडियम क्लोराइड और जल से क्लोरिनित चूना कैसे प्राप्त कर सकते हैं? क्रियाओं के समीकरण लिखिये। कौनसे उपोत्पाद प्राप्त होते हैं?

818. समझाइये कि क्लोरीन की आक्सीजन के साथ प्रत्यक्ष अभिक्रिया से क्लोरीन आक्साइडों को प्राप्त करना असंभव क्यों है।

819. पोटेशियम क्लोरेट के प्रयोगशाला तथा औद्योगिक उत्पादन की विधियां बताइये।

820. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें:

(a) $F_2 + NaOH \rightarrow$ (b) $K_2CO_3 + Cl_2 + H_2O \rightarrow$

(c) $KMnO_4 + HCl \rightarrow$ (d) $HClO_3 + HCl \rightarrow$

(e) $NaCl + KClO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$

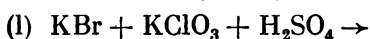
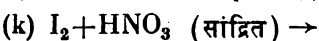
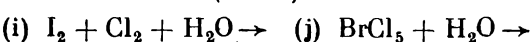
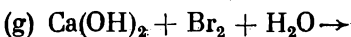
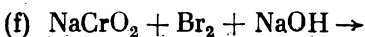
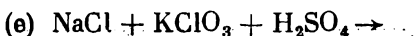
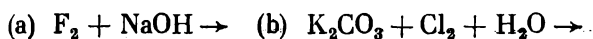
(f) $NaCrO_2 + Br_2 + NaOH \rightarrow$

(g) $Ca(OH)_2 + Br_2 + H_2O \rightarrow$

(h) $KI + H_2SO_4$ (सांद्रित) $\rightarrow$

(i) $I_2 + Cl_2 + H_2O \rightarrow$ (j) $BrCl_5 + H_2O \rightarrow$

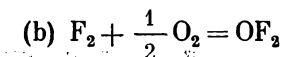
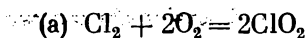
(k) $I_2 + HNO_3$ (सांद्रित) $\rightarrow$

(l) $KBr + KClO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$

821. हैलोजेनों के आक्सीजन यौगिकों को प्राप्त करने के लिये निम्न में कौनसी अभिक्रियाएं कार्यान्वित की जा सकती हैं?

(a) $Cl_2 + 2O_2 = 2ClO_2$

(b) $F_2 + \frac{1}{2} O_2 = OF_2$

(c) $3Cl_2 + 10HNO_3 = 6HClO_3 + 10NO + 2H_2O$

(d) $3I_2 + HNO_3 = 6HIO_3 + 10NO + 2H_2O$

उत्तर ढूंढ़ने के लिये परिशिष्ट की सारणी 5 व 9 का प्रयोग कीजिये।

822. निम्न में से कौनसे पदार्थों के साथ HBr अभिक्रिया करता है?

(a) $Ca(OH)_2$; (b) PCl_3; (c) H_2SO_4 (सांद्रित) ; (d) KI; (e) Mg; (f) $KClO_3$

यहाँ HBr (1) अम्ल ; (2) क्षार ; (3) उपचायक व (4) अपचायक के गुण पदर्शित करता है।

4. आक्सीजन के उपग्रुप के तत्व

823. आक्सीजन परमाणु की संरचना के आधार पर इसकी संयोजकता संभावनाएं बताइये। आक्सीजन अपने यौगिकों में कौनसी उपचयन अवस्थाएं प्रदर्शित करता है?

824. आक्सीजन के प्रयोगशाला तथा औद्योगिक उत्पादन की विधियां बताइये तथा इसके व्यावहारिक प्रयोग के सर्वाधिक महत्वपूण क्षेत्र गिनाइये।

825. आण्विक आक्सीजन O_2 की विशिष्टताएं बताते हुए (a) इसके रासायनिक गुण ; (b) आ० क० विधि के अनुसार अणु की संरचना व (c) अणु के चुंबकीय गुण पर प्रकाश डालें। आक्सीजन कौनसे सरल पदार्थों के साथ प्रत्यक्ष अभिक्रिया नहीं करता है?

826. O_3 अणु की इलेक्ट्रानी संरचना का वर्णन कीजिये ; ओजोन O_3 और आण्विक आक्सीजन O_2 की रासायनिक सक्रियता की तुलना कीजिये। आण्विक आक्सीजन से ओजोन कैसे प्राप्त कर सकते हैं?

827. क्या आक्सीजन सामान्य ताप पर (a) हाइड्रोजन और (b) नाइट्रोजन के साथ अभिक्रिया कर सकता है? अपने उत्तर को स्पष्ट करने के लिये परिशिष्ट की सारणी 5 का प्रयोग कीजिये।

828. स्थिर ताप पर आक्सीजन के कुछ आयतन के ओजोनीकरण के बाद गैस के आयतन में 500ml की कमी पायी गयी। ओजोन का कितना आयतन बना? इसके बनने में ऊष्मा की कितनी मात्रा अवशोषित हुई अगर ओजोन के लिये $\Delta H^{\circ}_{\text{Form}} = 144.2$ kJ/mol?

829. सल्फर, सिलीनियम तथा टैल्यूरियम के परमाणुओं की संरचना के आधार पर बताइये कि इन तत्वों के लिये कौनसी संयोजकता अवस्थाएं तथा उपचयन संख्याएं लाक्षणिक हैं? उनके उच्च हाइड्राक्साइडों के सूत्र लिखिये। अपने उत्तर का व्याख्या कीजिये।

830. (a) ताप स्थायित्व, (b) गलनांक व क्वथनांक तथा (c) अम्ल-क्षारीय और उपापचयन गुणों में परिवर्तन का स्वरूप इंगित करते हुए और उसकी व्याख्या देते हुए ग्रुप VI के मुख्य उपग्रुप के तत्वों के हाइड्रोजन यौगिकों की तुलनात्मक विशिष्टताएं बताइये। हाइड्रोजन की संगत सरल पदार्थ के साथ अभिक्रिया से इनमें से कौनसे यौगिक प्राप्त किये जा सकते हैं?

831. कौनसा पदार्थ अधिक सरलता से उपचयित हो जाता है— सोडियम सल्फाइड या सोडियम टैल्यूराइड? अपने उत्तर की व्याख्या करें।

832. (a) स्थायित्व, (b) अम्लीय गुणों व (c) उपापचयन गुणों में परिवर्तन का स्वरूप इंगित करते हुए सल्फयूरस, सिलिमस तथा टैल्यूरस अम्लों की तुलनात्मक विशिष्टताएं बताइये। अपने उत्तर को अभिक्रियाओं द्वारा स्पष्ट करें।

833. VI ग्रुप का कौनसा तत्व षट्—भस्मीय अम्ल बनाता है? इसका सूत्र लिखें। उस उपग्रुप के बाकी तत्व ऐसे अम्ल क्यों नहीं बनाते हैं?

834. शृंखला सल्फ्यूरिक-सिलीनक—टैल्यूरिक अम्ल में अम्लीय गुण क्यों और कैसे परिवर्तित होते हैं? इस शृंखला में उपचयन गुण कैसे परिवर्तित होते हैं?

835. हाइड्रोजन सल्फाइड के संतृप्त विलयन में धीरे-धीरे क्षार

मिलाने से कौनसी क्रियाएं क्रमबद्ध घटती हैं? अभिक्रियाओं के समीकरणों को आयनी-आण्विक रूप में लिखें।

836. समझाइये कि हाइड्रोजन सल्फाइड मैंगनीज सल्फाइड को क्यों नहीं अवक्षेपित करता तथा कापर सल्फाइड को अवक्षेपित करता है? क्या इसके लवण के जलीय विलयन से मैंगनीज सल्फाइड अवक्षेपित किया जा सकता है?

837. हाइड्रोजन सल्फाइड को प्राप्त करने की प्रयोगशाला विधि बताइये। हाइड्रोजन सैलिनाइड तथा हाइड्रोजन टैल्यूराइड कैसे प्राप्त कर सकते हैं?

838. सल्फर कौनसे हाइड्रोजन यौगिक बनाता है? उन्हें कैसे प्राप्त करते हैं? उनकी संरचना क्या है? इन यौगिकों में सल्फर कौनसी उपचयन संख्याएं प्रदर्शित करता है?

839. Sb_2S_3 की $(NH_4)_2S$ व $(NH_4)_2S_2$ के विलयनों के साथ अभिक्रिया की तुलना करें।

840. जिंक सल्फाइड हाइड्रोक्लोरिक अम्ल में क्यों विलीन हो जाता है और कापर सल्फाइड इसमें क्यों नहीं विलीन होता? कापर सल्फाइड किस अम्ल में विलीन किया जा सकता है?

841. लौह (III) क्लोराइड की (a) हाइड्रोजन सल्फाइड और (b) अमोनियम सल्फाइड के साथ अभिक्रिया के उत्पाद क्या हैं?

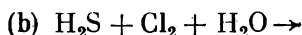
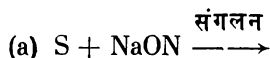
842. समझाइये कि ZnS व PbS जलीय विलयन में विनिमय अभिक्रिया द्वारा क्यों प्राप्त किये जा सकते हैं और Al_2S_3 व Cr_2S_3 क्यों नहीं प्राप्त किये जा सक्ते।

843. क्या (a) Na_2S, (b) $(NH_4)_2S$ व (c) NaHS के विलयन उदासीन, अम्लीय या क्षारीय हैं?

844. हाइड्रोजन सल्फाइड कौनसे गुण प्रदर्शित करता है जब यह $KMnO_4$, H_2O_2 व NaOH के जलीय विलयनों के साथ अभिक्रिया करता है?

845. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें:

(a) $S + NaON \xrightarrow{\text{संगलन}}$

(b) $H_2S + Cl_2 + H_2O \rightarrow$

(c) $H_2S + KMnO_4 + H_2O \rightarrow$

(d) $FeCl_3 + H_2S \rightarrow$

(e) $FeCl_3 + Na_2S + H_2O \rightarrow$

(f) $H_2S + H_2SO_4$ (सांद्रित) $\rightarrow$

846. SO_2 प्राप्त करने की अभिक्रियाओं के ऐसे उदाहरण दें जिनमें (a) सल्फर की उपचयन संख्या परिवर्तित होती है (b) सल्फर की उपचयन संख्या परिवर्तित नहीं होती है।

847. क्या Na_2SO_3 व $NaHSO_3$ के विलयन उदासीन, अम्लीय या क्षारीय हैं? 0.01M Na_2SO_3 विलयन के pH का कलन करें।

848. सल्फर डाइआक्साइड और सल्फ्यूरस अम्ल के उपापचयन गुणों की विशिष्टताएं बताइये। अपने उत्तर को उदाहरणों द्वारा स्पष्ट कीजिये।

849. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें:

(a) $H_2S + SO_2 \rightarrow$ (c) $KMnO_4 + SO_2 + H_2O \rightarrow$

(b) $H_2SO_3 + I_2 \rightarrow$ (d) $HIO_3 + H_2SO_3 \rightarrow$

बताइये कि इन अभिक्रियाओं में से प्रत्येक में सल्फर डाइआक्साइड या सल्फ्यूरस अम्ल कौनसे गुण प्रदर्शित करते हैं?

850. निम्न में से कौनसे जलशुष्कक SO_2 से आर्द्रता दूर करने के लिये इस्तेमाल किये जा सकते हैं: H_2SO_4 (सांद्रित), KOH (सांद्रित), P_2O_5 (सांद्रित), K_2CO_3 (सांद्रित)?

851. 16.9g SO_2 HCl में अपचयित करने के लिये सामान्य परिस्थितियों में $HClO_3$ के विलयन में कितने लीटर SO_2 गुजारनी चाहिये?

852. क्या सल्फ्यूरस अम्ल उपचयन या अपचयन गुण प्रदर्शित करता है जब यह (a) मैग्नीशियम, (b) हाइड्रोजन व (c) आयोडीन के साथ अभिक्रिया करता है? प्रत्येक स्थिति में अम्ल का कौनसा आयन इन गुणों का उत्तरदायी है?

853. 100 ml 0.2N NaOH विलयन में सामान्य परिस्थितियों

पर 448 ml SO_2 प्रवाहित की गयी। कौनसा लवण बना? इसका द्रव्यमान ज्ञात करें।

854. सोडियम थायोसल्फेट की (a) क्लोरीन (जब इसकी मात्रा की कमी या बहुलता है) तथा (b) आयोडीन के साथ अभिक्रियाओं के समीकरण लिखें।

855. सोडियम थायोसल्फेट प्राप्त करने की अभिक्रिया का समीकरण लिखें। इस यौगिक में सल्फर की उपचयन संख्या क्या है? क्या थायोसल्फेट आयन उपचयन या अपचयन गुण प्रदर्शित करता है? संगत अभिक्रियाओं के उदाहरण दें।

856. (a) सांद्रित H_2SO_4 की मैग्नीशियम व रजत के साथ तथा (b) तनु H_2SO_4 की लौह के साथ अभिक्रियाओं के समीकरणों को बनाइये।

857. 50g मर्करी को विलीन करने के लिये कितने ग्राम सल्फ्यूरिक अम्ल की आवश्यकता पड़ेगी? कितना अम्ल मर्करी के उपचयन में खर्च हो जायेगा? क्या तनु सल्फ्यूरिक अम्ल मर्करी को विलीन करने के लिये इस्तेमाल किया जा सकता है?

858. क्या 40g निकेल को विलीन करने के लिये सल्फ्यूरिक अम्ल की समान मात्रा की जरूरता पड़ेगी, अगर पहली बार सांद्रित अम्ल लें और दूसरी बार तनु? प्रत्येक स्थिति में निकेल को उपचयित करने के लिये कितने ग्राम सल्फ्यूरिक अम्ल खर्च होगा?

859. ओलियम लौह के टैंकों में लाया जाता है। क्या इनकी जगह लैड के टैंक इस्तेमाल किये जा सकते हैं? ओलियम लौह को क्यों नहीं विलीन करता?

860. किन गुणों के आधार पर सोडियम सल्फाइड सोडियम थायोसल्फेट से अलग किया जा सकता है? अभिक्रियाओं के समीकरण दें।

अपना ज्ञान परखिये

861. उन पदार्थों के नाम बताइये, जिनकी काफी मात्रा में वायु में उपस्थिति ओजोन की उपस्थिति के साथ असंगत है।
(a) SO_2; (b) HF; (c) H_2S; (d) CO_2; (e) N_2।

862. सोडियम सल्फाइड (pH_1), सैलिनाइड (pH_2) व

फॉस्फाइड (PH_3) के सममोलीय विलयनों के pH के बीच क्या संबंध है?

(a) $pH_1 < pH_2 < pH_3$; (b) $pH_1 = pH_2 = pH_3$;

(c) $pH_1 > pH_2 > pH_3$

863. निम्न में से कौनसे सल्फाइड हाइड्रोजन सल्फाइड द्वारा जलीय विलयनों से अवक्षेपित नहीं होते हैं:
(a) CuS; (b) CdS; (c) FeS; (d) Fe_2S_3; (e) MnS; (f) HgS; (g) PbS; (h) Cr_2S_3; (i) CaS?

क्योंकि (1) सल्फाइड के विलेयता गुणनफल तक नहीं पहुंच पाते; (2) बना सल्फाइड पूर्णतया जलापघटित हो जाता है; (3) सल्फाइड आयन धनायन को अपचयित कर देता है।

864. निम्न में से कौनसे यौगिक सोडियम थायोसल्फेट के साथ अभिक्रिया करते हैं: (a) HCl; (b) NaCl; (c) NaI; (d) I_2; (e) $KMnO_4$; अगर (1) आरंभिक पदार्थ अवर्णी हो जाता है; (2) एक अवक्षेप बन जाता है; (3) एक गैस उत्सर्जित होती है?

865. क्या अमोनियम सल्फाइड विलयन (a) अम्लीय; (b) उदासीन; (c) क्षारीय है?

क्योंकि (1) लवण का धनायन और ऋणायन दोनों ही जलापघटित होते हैं; (2) ऋणायन अधिक मात्रा में जलापघटित होता है; (3) अमोनियम हाइड्राक्साइड का वियोजन स्थिरांक हाइड्रोसल्फाइड आयन की तुलना में अधिक होता है।

866. निम्न में से कौनसे पदार्थों के साथ सांद्रित सल्फ्यूरिक अम्ल अभिक्रिया करता है: (a) CO_2; (b) HCl; (c) P; (d) $BaCl_2$; (e) $Ba(OH)_2$; (f) Hg; (g) Pt; (h) HI; (i) NH_3?

सल्फ्यूरिक अम्ल (1) अम्लीय गुण (2) उपचयन गुण (3) न अम्लीय और न ही उपचयन गुण प्रदर्शित करता है।

5. नाइट्रोजन के उपग्रुप के तत्व

867. (a) इलेक्ट्रान विन्यास (b) संयोजकता संभावनाएं व (c) सर्वाधिक विशिष्ट उपचयन इंगित करते हुए नाइट्रोजन के उपग्रुप के तत्वों की तुलनात्मक विशेषताएं बताइये।

868. NH_3, NH_4^+, N_2O, NH_3 व HNO_3 के इलेक्ट्रान विन्यास का वर्णन करें। प्रत्येक यौगिक में नाइट्रोजन की उपचयन संख्या क्या है?

869. नाइट्रोजन के उन यौगिकों के उदाहरण दें जिनके अणुओं में दाता-ग्राही अनुबंध हैं।

870. संयोजकता अनुबंध तथा आ० क० विधि के दृष्टिकोण से N_2 अणु के इलेक्ट्रान विन्यास का वर्णन करें।

871. उन अभिक्रियाओं के उदाहरण दें जिनमें नाइट्रोजन (a) उपचायक की भूमिका निभाता है (b) अपचायक की भूमिका निभाता है।

872. 20°C पर 100g जल में NH_4Cl व $NaNO_2$ की विलेयता क्रमश : 37.2 व 82.9g है। गर्म किये जाने पर 24 लीटर नाइट्रोजन (20°C ताप तथा सामान्य वायुमंडलीय दाब) प्राप्त करने के लिये इन लवणों के संतृप्त विलयनों की कितने ग्राम मात्रा मिलायी जानी चाहिये ?

873. वायुमंडलीय नाइट्रोजन के प्रत्यक्ष बंधन (यौगिकीकरण) से कौनसे नाइट्रोजन यौगिक प्राप्त होते हैं? इन्हें प्राप्त करने की अभिक्रियाएं दें तथा इन अभिक्रियाओं के घटने की परिस्थितियां बताइये।

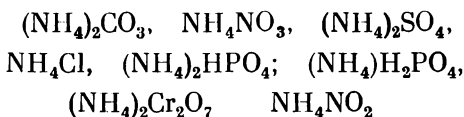
874. 3600m^3 नाइट्रोजन (20°C, सामान्य वायुमंडलीय दाब) से कितने टन कैल्सियम सायनेमाइड प्राप्त कर सकते हैं जब यह कैल्सियम कार्बाइड के साथ अभिक्रिया करता है, अगर नाइट्रोजन की हानि 40% है?

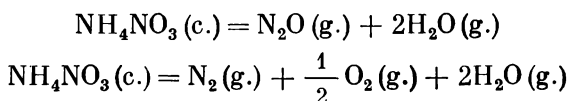
875. अमोनिया के लिये लाक्षणिक संयोजन, हाइड्रोजन विस्थापन तथा उपचयन अभिक्रियाओं के उदाहरण दें।

876. 2 लीटर 0.5N क्षारीय विलयन की अमोनियम लवण के समथ अभिक्रिया से अमोनिया का कितना आयतन (सामान्य परिस्थितियों में) प्राप्त होगा?

877· क्या H_2SO_4 या P_2O_5 गैस आमोनिया के जल शुष्ककों के रूप में इस्तेमाल किये जा सकते हैं? अपने उत्तर के पक्ष में तर्क दीजिये।

878. निम्न लवणों के तापीय वियोजन की अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये :

$$(NH_4)_2CO_3, \quad NH_4NO_3, \quad (NH_4)_2SO_4,$$
$$NH_4Cl, \quad (NH_4)_2HPO_4; \quad (NH_4)H_2PO_4,$$
$$(NH_4)_2Cr_2O_7 \qquad NH_4NO_2$$

879. अमोनियम नाइट्रेट दो प्रकार से वियोजित किया जा सकता है :

$$NH_4NO_3\,(c.) = N_2O\,(g.) + 2H_2O\,(g.)$$
$$NH_4NO_3\,(c.) = N_2\,(g.) + \frac{1}{2}\,O_2\,(g.) + 2H_2O\,(g.)$$

इनमें से कौनसी अभिक्रिया ज्यादा संभावित है? अपने उत्तर की पुष्टि करने के लिये ΔG°_{298} व ΔH°_{298} का कलन करें। ताप में वृद्धि लाने पर इन अभिक्रियाओं की संभावना कैसे परिवर्तित होगी ?

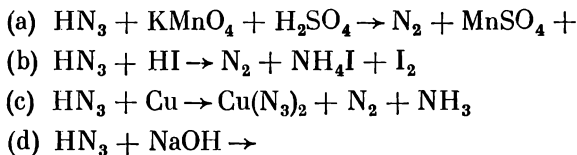
880. हाइड्रैजोइक अम्ल व इसके लवणों के गुण क्या है? क्या नाइट्रोजन व हाइड्रोजन की प्रत्यक्ष अभिक्रिया के NH_3 प्राप्त कर सकते हैं? अपने उत्तर के पक्ष में तर्क दें।

881. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें तथा प्रत्येक में NH_3 का कार्य (अम्लीय, उपचयन, अपचयन) बताइये :

(a) $HN_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow N_2 + MnSO_4 +$

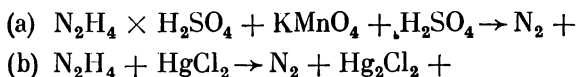
(b) $HN_3 + HI \rightarrow N_2 + NH_4I + I_2$

(c) $HN_3 + Cu \rightarrow Cu(N_3)_2 + N_2 + NH_3$

(d) $HN_3 + NaOH \rightarrow$

882. 0.1N NaN_3 विलयन के pH तथा लवण के जलापघटन की डिग्री का कलन करें।

883. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें :

(a) $N_2H_4 \times H_2SO_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow N_2 +$

(b) $N_2H_4 + HgCl_2 \rightarrow N_2 + Hg_2Cl_2 +$

इन अभिक्रियाओं में हाइड्रैजीन की भूमिका क्या है?

884. हाइड्राक्सिल ऐमीन व इसके लवणों के उपापचयन गुणों की विशिष्टताएं बताइये; संगत अभिक्रियाओं के उदाहरण दें।

885. नाइट्रोजन आक्साइडों को प्राप्त करने की विधियां बताइये। N_2 व O_2 के प्रत्यक्ष संश्लेषण से केवल नाइट्रोजन मोनोआक्साइड क्यों प्राप्त किया जा सकता है? जब N_2 व O_2 अभिक्रिया करते हैं तो NO की पर्याप्त मात्रा केवल उच्च तापमानों पर ही क्यों मिलती है?

886. आ० क० विधि के अनुसार NO अणु के इलेक्ट्रान विन्यास का वर्णन करें।

887. N_2O व NO के रासायनिक गुणों का वर्णन करें। ये यौगिक आक्साइडों के किस ग्रुप के साथ संबंधित हैं?

888. जब सांद्रित नाइट्रिक अम्ल धातुओं के साथ अभिक्रिया करता है, तो कौनसी गैस (भूरे रंग की) उत्सर्जित होती है? यह गैस किन अणुओं से बनी होती है? तापमान में वृद्धि लाने पर गैस का रंग गहरा और तापमान घटाने पर हलका क्यों हो जाता है? अगर इस गैस को स्थिर तापमान पर संयोजित करें, तो क्या यह बायल मेरियात नियम का पालन करती है? जब यह गैस जल तथा क्षारीय विलयन में विलीन करते हैं तो घट रही अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये।

889. NO_2 अणु क्यों सरलता से विभाजित होता है जबकि SO_2 अणु में यह विशिष्टता नहीं होती है?

890. क्या $NaNO_3$, NH_4NO_3, $NaNO_2$ व NH_4NO_2 विलयन उदासीन, अम्लीय या क्षारीय हैं? उपरोक्त में से कौनसे लवण H_2SO_4 से अम्लीय किये विलयन में (a) पोटेशियम आयोडाइड व (b) पोटेशियम परमैंगनेट के साथ अभिक्रिया करते हैं? अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये।

891. नाइट्रिक अम्ल की जिंक, मर्करी, मैग्नीशियम, कापर, सल्फर, कार्बन व आयोडीन के साथ अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये। नाइट्रिक अम्ल के अपचयन उत्पादों की संरचना किस बात पर निर्भर करती है?

892. HNO_2 के असमानुपातन की अभिक्रिया का समीकरण लिखिये।

893. उन रासायनिक अभिक्रियाओं को बताइये जिनके परिणामस्वरूप आज प्राकृतिक पदार्थों से नाइट्रिक अम्ल प्राप्त करते हैं?

894. नाइट्रेट से नाइट्रिक अम्ल प्राप्त करते समय सल्फ्यूरिक अम्ल का सांद्रित होना तथा नाइट्रेट का ठोस रूप में होना क्यों आवश्यक है? अभिक्रिया मिश्रण को बहुत ज्यादा गर्म करना क्यों मना होता है?

895. नाइट्रेटों व नाइट्राइटों का ताप स्थायित्व क्या है? निम्न लवणों को गर्म करने पर क्या होता है: $NaNO_2$, $Pb(NO_2)_2$, NH_4NO_2, $NaNO_3$, $Pb(NO_3)_2$, $AgNO_3$, NH_4NO_3?

घटने वाली अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये।

896. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें:

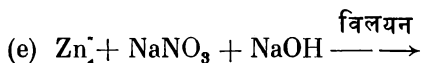
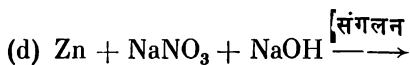
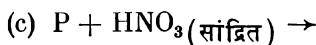
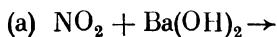
(a) $NO_2 + Ba(OH)_2 \rightarrow$

(b) $NO + KMnO_4 + H_2O \rightarrow$

(c) $P + HNO_{3(\text{सांद्रित})} \rightarrow$

(d) $Zn + NaNO_3 + NaOH \xrightarrow{\text{संगलन}}$

(e) $Zn + NaNO_3 + NaOH \xrightarrow{\text{विलयन}}$

(f) $Cu_2S + HNO_{3(\text{सांद्रित})} \rightarrow$

897. अम्लराज किसे कहते हैं? इसमें कौनसे गुण होते हैं? अम्लराज की स्वर्ण के साथ अभिक्रिया का समीकरण लिखिये।

898. नाइट्रिक अम्ल में कापर की कुछ मात्रा विलीन करनी है। किस स्थिति में कम अम्ल की जरूरत पड़ेगी – जब 90% HNO_3 विलयन इस्तेमाल करते हैं या 35% HNO_3 विलयन (द्रव्यमान के प्रति)?

899. वायुमंडयीय नाइट्रोजन व जल को अभिकारकों के रूप में प्रयुक्त करने से NH_4NO_3 कैसे प्राप्त कर सकते हैं?

900. फास्फोरस ग्रौद्योगिक स्तर पर कैसे प्राप्त करते हैं? संगत ग्रभिक्रियाग्रों के समीकरण लिखिये।

901. फास्फोरस के ग्रपरूपी रूपांतरण तथा उनके गुणों में ग्रंतर बताइये। क्या ये ग्रंतर तब भी कायम रहते हैं जब फास्फोरस गैस ग्रवस्था में ग्रा जाता है? यह कैसे सिद्ध कर सकते हैं कि लाल ग्रौर सफेद फास्फोरस एक ही तत्व के ग्रपरूपी रूपांतरण हैं?

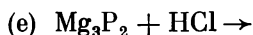
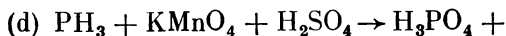
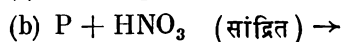
902. 800°C पर फास्फोरस वाष्प का वायु के प्रति घनत्व 4.27 है तथा 1500°C पर यह दोगुना कम हो जाता है। इन तापमानों पर फास्फोरस ग्रणु में कतने परमाणु उपस्थित हैं?

903. 1 टन सफेद फास्फोरस को लाल फास्फोरस में परिवर्तित करने में कितनी ऊर्जा उत्सर्जित होगी, ग्रगर परमाणुग्रों की 1 मोल के लिये रूपांतरण ऊर्जा 16.73 kJ है।

904. ग्रार्थोफास्फोरस ग्रम्ल के ग्रमोनियम लवणों के नाम व सूत्र बताइये। इन लवणों को सीधा गर्म करने से ग्रमोनिया क्यों प्राप्त होती है जबकि ग्रमोनियम क्लोराइड से ग्रमोनिया प्राप्त करने के लिये प्रथम में पहले बुझा चुना या कोई क्षार मिलाना जरूरी होता है?

905. फास्फोरस हाइड्रोजन के साथ कौनसे यौगिक बनाता है? इन्हें प्राप्त करने की विधियां बताइये। इनके गुणों की सदृश नाइट्रोजन यौगिकों के गुणों के साथ तुलना करें।

906. निम्न समीकरणों को पूरा करें:

(a) $P + Cl_2 \rightarrow$
(b) $P + HNO_3$ (सांद्रित) $\rightarrow$
(c) $P + Mg \rightarrow$
(d) $PH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow H_3PO_4 +$
(e) $Mg_3P_2 + HCl \rightarrow$

907. डाइफास्फोरस डाइग्राक्साइड के जल के प्रति (a) ठंड में व (b) गर्म करने पर संबंध की विशिष्टताएं बताइये।

908. (a) मुक्त फास्फोरस व (b) कैल्सियम ग्रार्थोफास्फेट से

आर्थोफास्फोरिक अम्ल कैसे प्राप्त कर सकते हैं? 250g H_3PO_4 प्राप्त करने के लिये कितने कैल्सियम की जरूरत पड़ेगी?

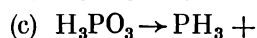
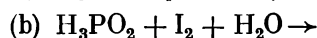
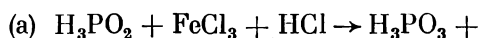
909. तीव्र अम्लीय या तीव्र क्षारीय वलयनों में सिल्वर आर्थोफास्फेट अवक्षेपित करना असंभव क्यों है?

910. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें:

(a) $H_3PO_2 + FeCl_3 + HCl \rightarrow H_3PO_3 +$

(b) $H_3PO_2 + I_2 + H_2O \rightarrow$

(c) $H_3PO_3 \rightarrow PH_3 +$

(d) $H_3PO_3 + AgNO_3 + H_2O \rightarrow Ag +$

911. आर्सीन व स्टिबिन प्राप्त करने की विधि बताइये। आर्सेनिक व ऐंटिमनी दर्पण कैसे प्रात करते हैं?

912. जब तनु सल्फ्यूरिक अम्ल व जिंक As_2O_3 के साथ अभिक्रिया करते हैं, तो कौनसा आर्सेनिक यौगिक प्राप्त होता है? अभिक्रिया का समीकरण लिखिये।

913. नाइट्रोजन उपग्रुप तत्वों के हाइड्रोजन यौगिकों के भौतिक व रासायनिक गुणों की तुलना करते हुए बताइये कि निम्न गुण किस प्रकार परिवर्तित होते हैं: (a) क्वथनांक व गलनांक; (b) ताप स्थायित्व; (c) अम्लीय व क्षारीय गुण? इन परिवर्तनों के कारण बताइये।

914. शृंखला आर्सेनिक (III), ऐंटिमनी (III) व बिस्मथ (III) के हाइड्राक्साइडों के अम्लीय व क्षारीय गुण किस प्रकार परिवर्तित होते हैं? कम विलयशील $Sb(OH)_3$ व $Bi(OH)_3$ को एक दूसरे से अलग कैसे कर सकते हैं?

915. जल मिलाने पर $SbCl_3$ विलयन धुंधला क्यों हो जाता है? छाने बिना इसे फिर से पारदर्शी कैसे बना सकते हैं? संगत अभिक्रियाओं के आण्विक व आयनी-आण्विक रूप में लिखिये।

916. सांद्रित HNO_3 की As_2O_3 के साथ अभिक्रिया से कौनसे पदार्थ बनते हैं? अभिक्रिया का समीकरण बनाइये।

917. किन पदार्थों को थायोअम्ल कहते हैं? थायोआर्सेनस व थायोऐंटिमोनिक अम्लों के अमोनियम लवणों को प्राप्त करने की अभिक्रियाओं के समीकरण को आयनी-आण्विक रूप में लिखिये।

918. सल्फाइडों As_2S_3, Sb_2S_3 व Bi_2S_3 के मिश्रण की सोडियम सल्फाइड विलयन के साथ अभिक्रिया करायी गयी। कौनसा सल्फाइड विलीन नहीं हुआ? सल्फाइडों के विलीन होने की अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये।

919. उन अभिक्रियाओं के समीकरण क्रमबद्ध लिखें जिनकी सहायता से (a) $SbCl_3$ से सोडियम थायोऐंटिमोनेट व (b) Na_3AsO_4 से थायोआर्सेनेट प्राप्त कर सकते हैं।

920. बिस्मथ तनु नाइट्रिक अम्ल में सरलता से विलीन हो जाता है, परंतु हाइड्रोक्लोरिक व तनु सल्फ्यूरिक अम्ल में विलीन नहीं होता। वि० वा० ब० श्रेणी में बिस्मथ की स्थिति के अनुसार उक्त तथ्यों से क्या निर्णय किया जा सकता है?

921. सोडियम बिस्मयेट कैसे प्राप्त कर सकते हैं? इस यौगिक में कौनसे गुण विद्यमान होते हैं? नाइट्रिक अम्ल विलयन में सोडियम बिस्मयेट की मैंगनीज (II) के साथ अभिक्रिया का समीकरण लिखिये।

922. निम्न समीकरणों को पूरा करें:

(a) $SbCl_3 + HCl + Zn \rightarrow$

(b) $AsH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow H_3AsO_4 +$

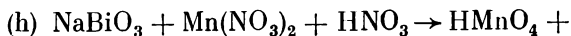
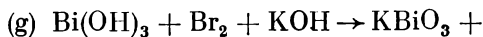
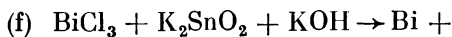
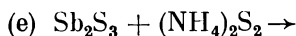
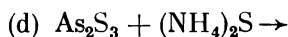
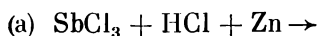
(c) $Sb_2S_3 + HNO_3$ (सांद्रित) $\rightarrow$

(d) $As_2S_3 + (NH_4)_2S \rightarrow$

(e) $Sb_2S_3 + (NH_4)_2S_2 \rightarrow$

(f) $BiCl_3 + K_2SnO_2 + KOH \rightarrow Bi +$

(g) $Bi(OH)_3 + Br_2 + KOH \rightarrow KBiO_3 +$

(h) $NaBiO_3 + Mn(NO_3)_2 + HNO_3 \rightarrow HMnO_4 +$

अपना ज्ञान परखिये

923. निम्न में से कौनसे अणु अनुचुंबकीय हैं: (a) NO; (b) NO_2; (c) N_2O_3; (d) N_2O_4; (e) N_2O_5; (f) N_2O?

924. निम्न से कौनसे यौगिक क्लोरीन के साथ संयोजित हो सकते हैं: (a)NO_2; (b) NH_3; (c) NO; (d) NH_2OH?

क्योंकि (1) क्लोरीन एक उपचायक है; (2) नाइट्रोजन के पास इलेक्ट्रानों का असहभाजित जोड़ा है; (3) अणु अनुचुंबकीय है जबकि

नाइट्रोजन चतुसंयोजी है; (4) अणु प्रतिचुंबकीय है, जबकि नाइट्रोजन की सहसंयोजकता चार से कम है; (5) नाइट्रोजन प्रतिचुंबकीय है, जबकि नाइट्रोजन की सहसंयोजकता चार से कम है।

925. निम्न में से कौनसे यौगिक द्वितयन अभिक्रिया की क्षमता रखते हैं:

(a) NO_2; (b) NOCl; (c) N_2H_4; (d) N_2O?

क्योंकि (1) इस यौगिक में नाइट्रोजन की उपचयन संख्या उच्चतम नहीं है; (2) नाइट्रोजन के पास इलेक्ट्रानों का असहभाजित जोड़ा है; (3) अणु अनुचुंबकीय है।

926. निम्न में से कौनसे पदार्थों के लिये अंतर आण्विक उपापचयन अभिक्रियाएं लाक्षणिक हैं: (a) KNO_2, (b) KNO_3, (c) $(NH_4)_2Cr_2O_7$, (d) $(NH_4)_3PO_4$?

क्योंकि: (1) दिये गये पदार्थ में नाइट्रोजन उपापचयन द्वैत प्रदर्शित करता है; (2) वियोजन के दौरान गैसीय उत्पाद उत्सर्जित होते हैं; (3) अणु में नाइट्रोजन-उपचायक के परमाणु के अलावा परमाणु-अपचायक उपस्थित है; (4) अणु में नाइट्रोजन-अपचायक के परमाणु के अलावा परमाणु-उपचायक उपस्थित है।

927. क्या हाइड्राक्सीलऐमीन क्लोराइड विलयन (a) अम्लीय; (b) उदासीन; (c) क्षारीय है?

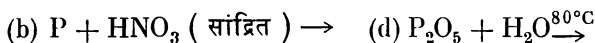
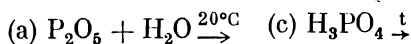
क्योंकि (1) अणु में —OH ग्रुप उपस्थित है; (2) लवण का जलापघटन होता है; (3) इस यौगिक में नाइट्रोजम चतुसंयोजी है तथा हाइड्रोजन के आयन के साथ संयोजित नहीं होता है।

928. निम्न में से कौनसे पदार्थों के साथ सांद्रित नाइट्रिक अम्ल अभिक्रिया करता है: (a) P_2O_5; (b) HCl; (c) Cl_2; (d) I_2; (e) CaO; (f) Cu; (g) Al; (h) CO_2; (i) HPO_3?

यहाँ नाइट्रिक अम्ल (1) अम्लीय गुण; (2) उपचायक गुण; (3) न अम्लीय और न ही उपचायक गुण प्रदर्शित करता है।

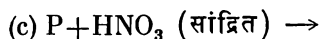
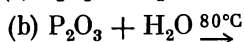
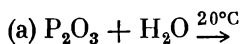
929. निम्न में से कौनसी अभिक्रियाओं के प्रयोग से मेटाफास्फोरिक अम्ल प्राप्त किया जा सकता है:

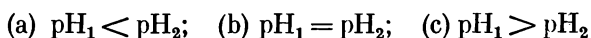
(a) $P_2O_5 + H_2O \xrightarrow{20°C}$ (c) $H_3PO_4 \xrightarrow{t}$

(b) $P + HNO_3$ (सांद्रित) $\longrightarrow$ (d) $P_2O_5 + H_2O \xrightarrow{80°C}$

930. निम्न में से कौनसी अभिक्रियाओं के प्रयोग से फास्फोरस अम्ल प्राप्त किया जा सकता है:

(a) $P_2O_3 + H_2O \xrightarrow{20°C}$

(b) $P_2O_3 + H_2O \xrightarrow{80°C}$

(c) $P + HNO_3$ (सांद्रित) $\rightarrow$

931. समान मोलीय सांद्रताओं वाले $SbCl_3$ (pH_1) तथा $BiCl_3$ (pH_2) के लवणों के विलयनों के pH के बीच कौनसा अनुपात ठीक है?

(a) $pH_1 < pH_2$; (b) $pH_1 = pH_2$; (c) $pH_1 > pH_2$

क्योंकि (1) जलापघटन की डिग्री विलयन की सान्द्रता पर निर्भर करती है; (2) क्षीण भस्म द्वारा बनाया लवण अधिक मात्रा में जलापघटित हो जाता है।

6. कार्बन और सिलिकन

932. कार्बन के अपरूपी रूपांतरणों का वर्णन करें और उनके गुणों में भिन्नता के कारण बतायें।

933. कार्बन के लिये किसका आ० क० संकरण लाक्षणिक है? संयोजकता अनुबंध विधि के दृष्टिकोण से अणुओं CH_4, C_2H_6, C_2H_4 व C_2H_2 की संरचना का वर्णन करें।

934. कार्बन डाइआक्साइड के भौतिक व रासायनिक गुणों की विशिष्टताएं बताइये। इसके व्यावहारिक प्रयोग के क्षेत्रों के नाम बताइये। CO_2 की क्षारीय विलयन के साथ अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये जब CO_2 की बहुलता है और जब CO_2 की मात्रा कम है।

935. जलीय CO_2 विलयन में कौनसे संतुलन स्थापित होते हैं? इन संतुलनों के स्थानान्तरण पर विलयन के तापक्रम की वृद्धि का क्या असर होता है? क्या 1N कार्बोनिक अम्ल विलयन तैयार किया जा सकता है?

936. क्या कार्बनिक अम्ल में क्षार की बिल्कुल तुल्य मात्रा मिला कर एक उदासीन विलयन प्राप्त किया जा सकता है? अपने उत्तर के पक्ष में तर्क दें।

937. कार्बन डाइआक्साइड प्राप्त करते समय संगमरमर के साथ सल्फ्यूरिक अम्ल की जगह हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की अभिक्रिया क्यों कराते हैं? अगर संगमरमर में 96% (द्रव्यमान के प्रति) $CaCO_3$ उपस्थित हो, तो 1Kg संगमरमर से CO_2 का कितना आयतन (सामान्य परिस्थितियों में) प्राप्त कर सकते हैं?

938. Na_2CO_3, $KHCO_3$ व $(NH_4)_2CO_3$ के जलापघटन के समीकरणों को आयनी व आयनी-आण्विक रूप में लिखिये।

939. 0.01M पोटेशियम कार्बोनेट विलयन के pH का कलन करें।

940. सोडा प्राप्त करने के लिये NaOH विलयन को दो भागों में विभाजित किया गया। एक भाग को CO_2 के साथ संतृप्त करके दूसरे भाग में मिला दिया गया। प्रथम भाग के संतृप्तिकरण के बाद कौनसा पदार्थ बना? पहले भाग को दूसरे भाग के साथ मिलाने पर क्या अभिक्रिया घटी? अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये।

941. रासायनिक विधियों द्वारा SO_2 मिश्रण से CO_2 कैसे अलग कर सकते हैं?

942. साल्वे प्रक्रम द्वारा सोडा कैसे प्राप्त किया जाता है? क्या कार्बन डाइआक्साइड और आमोनिया के साथ विलयन के संतृप्तिकरण का क्रम कोई महत्व रखता है? क्या इस विधि से पोटैश प्राप्त कर सकते हैं? तर्क सहित उत्तर दीजिये।

943. 210g $NaHCO_3$ से (a) भर्जन द्वारा तथा (b) एक अम्ल के साथ अभिक्रिया द्वारा CO_2 का कितना आयतन (सामान्य परिस्थितियों में) प्राप्त किया जा सकता है?

944. कोयले के दहन से किन परिस्थितियों में CO बनती है? भट्ठी को बंद करते समय अगर कोयलों का ताप घटा दें तो कार्बन मोनोआक्साइड के प्रगट होने का खतरा कम क्यों हो जाता है? उत्तर को स्पष्ट करने के लिये परिशिष्ट की सारणी 5 का प्रयोग करें।

945. CO_2, CO व वाष्प के बनने के ΔH° के आधार पर

सिद्ध करें कि जनक गैस उत्पादन की क्रिया ऊष्माक्षेपी है तथा जल गैस उत्पादन की ऊष्माशोषी है।

946. कैल्सियम कार्बाइड स्कीम $CaO+C \rightarrow CaC_2+CO$ के आधार पर प्राप्त करते हैं। 6.4 टन CaC_2 प्राप्त करने के लिये CaO की आवश्यक मात्रा का कलन करें। CO का कितना आयतन बनता है (सामान्य परिस्थितियों में)?

947. हाइड्रोसायनिक अम्ल के घटक और गुण बताइये। इस अम्ल के लवणों से भरे बर्तनों को कसकर क्यों बंद करना चाहिये? उत्तर को स्पष्ट करने के लिये अभिक्रियाओं के समीकरण दें।

948. (a) परमाणु का इलेक्ट्रान तथा इसकी संयोजकता संभावनाएं तथा (b) मुक्त सिलिकन के रासायनिक गुण दिखाते हुए सिलिकन का संक्षिप्त वर्णन करें।

949. सिलिकन डाइआक्साइड के भौतिक व रासायनिक गुणों, इसके जल, अम्लों व क्षारों के साथ संबंधों का वर्णन करें।

950. (a) सोडियम सिलिकेट के जलीय विलयन के कार्बन डाइआक्साइड के साथ संतृप्तिकरण में तथा (b) Na_2CO_3 और SiO_2 का मिश्रण भर्जित करने पर संतुलन किस दिशा में और क्यों स्थानन्तरित होगा?

951. ऐसा कौनसा अम्ल है जिसे न तो साधारण कांच के पात्र में रखा जा सकता है और न ही क्वाटर्ज कांच के पात्र में? ऐसा क्यों है?

952. सिलिकन हैलाइड के जलापघटन की अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये। SiF_4 के जलापघटन की क्या खूबी है? क्या इस स्कीम के आधार पर CCl_4 का जलापघटन घट सकता है? अपने उत्तर के पक्ष में तर्क दें।

953. Na_2SiO_3 के जलापघटन का समीकरण लिखिये। जब अमोनियम क्लोराइड विलयन में मिलाते हैं, तो Na_2SiO_3 के जलापघटन की डिग्री किस प्रकार परिवर्तित होती है?

अपना ज्ञान परखिये

954. कार्बन के आ० क० के संकरण की किस किस्म द्वारा CO_2

अणु की संरचना का वर्णन कर सकते हैं: (a) sp; (b) sp^2; (c) sp^3; (d) संकरण नहीं होता है?

क्योंकि (1) इस यौगिक में कार्बन की सहसंयोजकता चार है; (2) अणु ध्रुवीय नहीं है; (3) कार्बन-आक्सीजन अनुबंध की बहुकता इकाई से अधिक है।

955. निम्न में से कौनसी गैसे क्षारीय विलयन में से गुजारे जाने पर इसके साथ अभिक्रिया करती है:

(a) CO; (b) CO_2; (c) HCN; (d) CF_4?

7. आवर्त प्रणाली के ग्रुप I की धातुएं.

956. तत्वों के परमाणु क्रमांकों की वृद्धि के साथ क्षारीय धातुओं के परमाणुओं के आयतन की त्रिज्याएं तथा विभव किस प्रकार परिवर्तित होते हैं? परमाणुओं के इलेक्ट्रानी संरचना के आधार पर प्रेक्षित नियमितताओं को स्पष्ट करें।

957. वि० वा० श्रेणी तथा आवर्त प्रणाली में क्षारीय धातुओं के क्रम में विविधता किस प्रकार समझा सकते हैं?

958. शृंखला LiOH – CsOH में क्षारीय गुण कैसे और क्यों परिवर्तित होते हैं?

959. ग्रुप I के मुख्य तथा द्वितीय उपग्रुप के तत्वों के गुणों में अंतर को कैसे समझा सकते हैं?

960. Cu^+ आयन की त्रिज्या K^+ आयन की त्रिज्या से छोटी क्यों होती है? इनमें किस आयन की ध्रुवण क्षमता अधिक होती है?

961. क्षारीय धातुओं को प्राप्त करने की विद्युत-अपघटन विधि और क्षारीय धातुओं के हाइड्राक्साइडों को प्राप्त करने की विधि में क्या अंतर है? पहली और दूसरी परिस्थिति में कौनसी विद्युत रासायनिक क्रियाएं घटती हैं?

962. पोटेशयम क्लोराइड के विद्युत अपघटन से पोटेशियम हाइड्राक्साइड, हाइपोक्लोराइट तथा क्लोरेट कैसे प्राप्त कर सकते हैं? संगत अभिक्रियाओं के समीकरण लिखें।

963. ग्रौद्योगिक सोडियम हाइड्राक्साइड में प्राय : सोडे की काफी मात्रा उपस्थित होती है। इसका पता कैसे लगा सकते हैं ? NaOH विलयन से सोडे की ग्रशुद्धि को कैसे दूर कर सकते हैं ? संगत ग्रभिक्रियाग्रों के समीकरणों को बनाइये।

964. 10g सोडियम ग्रमलगम की जल के साथ ग्रभिक्रिया से एक क्षारीय विलयन प्राप्त हुग्रा। इस विलयन को उदासीन करने के लिये किसी ग्रम्ल के 50 ml 0.5N विलयन की ज़रूरत पड़ी। ग्रमलगम में सोडियम की प्रतिशत मात्रा ज्ञात करें।

965. KCl व NaCl के मिश्रण के 0.1225g द्रव्यमान से 0.2850g AgCl ग्रवक्षेप प्राप्त हुग्रा। मिश्रण में KCl व NaCl की प्रतिशत मात्रा ज्ञात करें।

966. सोडियम कार्बोनेट से (a) सोडियम सिलिकेट ; (b) सोडियम ऐसीटेट ; (c) सोडियम नाइट्रेट ; (d) सोडियम हाइड्रोजन सल्फेट ग्रौर (e) सोडियम सल्फाइट प्रात करने की ग्रभिक्रियाग्रों के समीकरण लिखिये।

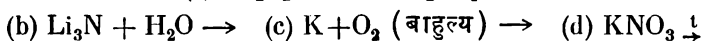
967. $KClO_3$ के लियोजन से 3.36 लीटर ग्राक्सीजन (सामान्य परिस्थितियों में) प्राप्त हुग्रा। ऊर्जा की कितनी मात्रा उत्सर्जित हुई ?

968. 1g ऐलाय की जिसमें 30% पोटेशियम तथा 70% (द्रव्यमान के प्रति) सोडियम उपस्थित हैं, जल के साथ ग्रभिक्रिया कराने पर 25°C व 755 mm Hg (100.7 kPa) पर हाइड्रोजन का कितना ग्रायतन उत्सर्जित होगा ?

969. 25°C पर 8g सोडियम हाइड्राइड की जल के साथ ग्रभिक्रिया कराने पर ऊष्मा की कितनी मात्रा उत्सर्जित होगी ? NaH व NaOH बनने की मानक एन्थैल्पियां —56.4kJ/mol तथा —425.9 kJ/mol हैं।

970. निम्न ग्रभिक्रियाग्रों के समीकरणों को पूरा करें :

$$(a)\ Na_2O_2 + KI + H_2SO_4 \rightarrow$$

$$(b)\ Li_3N + H_2O \rightarrow \quad (c)\ K + O_2\ (\text{बाहुल्य}) \rightarrow \quad (d)\ KNO_3 \xrightarrow{t}$$

971. कापर के सर्वाधिक महत्वपूर्ण ऐलायों के नाम तथा उनका लगभग गठन बताइये।

972. कापर की तनु (1:2) व सांद्रित नाइट्रिक अम्ल के साथ अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये। कापर हाइड्रोक्लोरिक अम्ल में क्यों नहीं घुलता है?

973. कापर लवणों की क्षारों के विलयनों तथा अमोनियम हाइड्राक्साइड के साथ क्या प्रतिक्रिया होती है?

974. (a) कापर व (b) प्लैटिनम इलेक्ट्रोडों के साथ कापर सल्फेट विलयन के विद्युत अपघटन में कौनसी क्रियाएं घटती हैं?

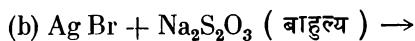
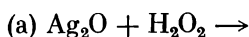
975. कापर के परिष्करण से क्या अभिप्राय है? इस क्रिया के दौरान अपरिष्कृत कापर में उपस्थित अधिक सक्रिय धातुओं (Zn, Ni) व कम सक्रिय धातुओं (Ag, Hg) के सम्मिश्रों के साथ क्या घटना घटती है?

976. कापर हाइड्राक्साइड के अम्ल में तथा अमोनिया विलयन में घुलने की अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये।

977. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें:

(a) $Ag_2O + H_2O_2 \longrightarrow$

(b) $AgBr + Na_2S_2O_3$ (बाहुल्य) $\longrightarrow$

(c) $Cu + KCN + H_2O \longrightarrow$

978. सिल्वर ऐमीन अम्लीय विलयनों में अस्थायी क्यों होता है?

979. सोडियम क्लोराइड जब $K[Ag(CN)_2]$ विलयन के साथ अभिक्रिया करता है, तो सिल्वर क्लोराइड अवक्षेपित नहीं होता, जबकि इसी विलयन के साथ सोडियम सल्फाइड Ag_2S अवक्षेप देता है। इस तथ्य को कैसे समझा सकते हैं?

980. AgCl, AgBr व AgI KCN विलयन में बड़ी अच्छी तरह से घुल जाते हैं, जबकि केवल AgCl व AgBr अमोनिया विलयन में घुलते हैं। इस तथ्य को कैसे समझा सकते हैं?

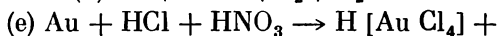
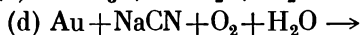
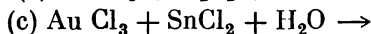
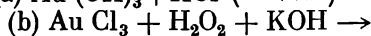
981. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें:

(a) $Au(OH)_3 + HCl$ (सांद्रित) $\longrightarrow$

(b) $AuCl_3 + H_2O_2 + KOH \longrightarrow$

(c) $AuCl_3 + SnCl_2 + H_2O \longrightarrow$

(d) $Au + NaCN + O_2 + H_2O \longrightarrow$

(e) $Au + HCl + HNO_3 \longrightarrow H[AuCl_4] +$

982. KCl या AgCl में से किस यौगिक में रासायनिक अनुबंध अधिक सहसंयोजी प्रकृति का है? इस बात को कैसे समझा सकते हैं?

983. रजत के सिक्के का एक 0.300g द्रव्यमान वाला छोटा सा टुकड़ा नाइट्रिक अम्ल में घोल कर रजत AgCl के अवक्षेप के रूप में प्राप्त कर लिया गया। अवक्षेप को धोने और सुखाने के बाद उसका द्रव्यमान 0.199g था। सिक्के में रजत की प्रतिशत मात्रा बताइये।

984. 1.6645g द्रव्यमान वाले पीतल के एक नमूने से विश्लेषण द्वारा 1.3466g $Cu(SCN)_2$ व 0.0840g SnO_2 प्राप्त हुए। नमून में कापर, टिन तथा जिंक की प्रतिशत मात्रा का कलन करें।

अपना ज्ञान परखिये

985. निम्न में से कौनसे यौगिक अमोनिया विलयन के साथ अभिक्रिया करते हैं: (a) $Cu(OH)_2$; (b) AgCl; (c) AgI?

986. क्या पोटेशियम कार्बोनेट विलयन (a) अम्लीय; (b) उदासीन; (c) क्षारीय होता है?

987. सांद्रित HNO_3 निम्न में से किन पदार्थों के साथ अभिक्रिया करता है: (a) NaOH; (b) CuO; (c) Ag; (d) KCl?
यहाँ नाइट्रिक अम्ल (1) अम्लीय; (2) उपचायक गुण प्रदर्शित करता है।

988. $NaHSO_3(pH_1)$ व $Nc_2SO_3(pH_2)$ के सममोलीय विलयनों के pH के बीच क्या संबंध हैं:
(a) $pH_1 > pH_2$; (b) $pH_1 = pH_2$; (c) $pH_1 < pH_2$?

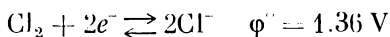
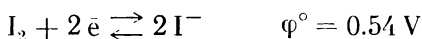
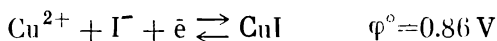
989. निम्न में से किस पदार्थ के मिलाने से सोडियम कार्बोनेट का जलापघटन तीव्र हो जाता है: (a) NaOH; (b) $ZnCl_2$; (c) H_2O;(d) K_2S?

990. NaOH के जलीय विलयन के विद्युत अपघटन में धनाग्र पर 2.8 लीटर आक्सीजन उत्सर्जित हुआ (सामान्य परिस्थितियों में)। ऋणाग्र पर कितना हाइड्रोजन उत्सर्जित हुआ: (a) 2.8 लीटर; (b) 5.6 लीटर; (c) 11.2 लीटर; (d) 22.4 लीटर?

991. पोटेशियम आयोडाइड व कापर (II) क्लोराइड की अभिक्रिया के उत्पाद क्या हैं अगर:

$$Cu^{2+} + I^- + \bar{e} \rightleftarrows CuI \qquad \varphi^\circ = 0.86\ V$$

$$I_2 + 2\bar{e} \rightleftarrows 2I^- \qquad \varphi^\circ = 0.54\ V$$

$$Cl_2 + 2e^- \rightleftarrows 2Cl^- \qquad \varphi^\circ = 1.36\ V$$

(a) CuI_2 व Cl_2; (b) CuI_2 व KCl; (c) CuI व Cl_2; (d) CuI व I_2; (e) अभिक्रिया असंभव है।

8. आवर्त प्रणाली के द्वितीय ग्रुप की धातुएं. जल की कठोरता

992. II ग्रुप की धातुओं के परमाणुओं की संरचना पर ध्यान दें। मुख्य व द्वितीय उपग्रुप में तत्वों के परमाणु क्रमांक में वृद्धि के अनुसार प्रथम आयतन विभव किस प्रकार परिवर्तित होता हैं?

993. बेरिलियम का प्रथम आयतन विभव (9.32eV) लीथियम परमाणु के आयतन विभव (5.39eV) से अधिक क्यों होता है? बेरिलियम का द्वितीय आयतन विभव (18.21eV) लीथियम परमाणु के आयतन विभव (75.64eV) से कम क्यों होता है?

994. $Be(OH)_2$ से $Ba(OH)_2$ की ओर बढ़ते हुए ग्रुप II के मुख्य उपग्रुप की धातुओं के हाइड्राक्साइडों के गुण कैसे और क्यों परिवर्तित होते हैं?

995. बेरिलियम व ऐलुमिनियम के रासायनिक गुणों में समानता किस प्रकार व्यक्त होती है? इस समानता के क्या कारण हैं?

996. $BeCl_2$ अणु का इलेक्ट्रानी विन्यास तथा ज्यामितीय संरचना दें। $BeCl_2$ अणु में बेरिलियम परमाणु किस संकरण अवस्था में होता है? $BeCl_2$ की ठोस अवस्था में रूपांतरित होने के दौरान संकरण की किस्म किस प्रकार परिवर्तित होती है?

997. पोटेशयम टैट्रा-हाइड्राक्सोबेरिलेट व सोडियम टैट्रा-फ्लुओरोबेरिलेट के सूत्र लिखें। ये यौगिक कैसे प्राप्त किये जा सकते हैं?

998. क्या आक्सीजन, फ्लुओरीन, नाइट्रोजन, कार्बन डाइआक्साइड व जल वाष्प में कैल्सियम स्थायी रहता है? अपने उत्तर को प्रमणित. करने के लिये संगत क्रियाओं में गिब्ज ऊर्जा में परिवर्तन का कलन करें।

999. क्या कैल्सियम ग्राक्साइड के ऐलुमिनियम द्वारा ग्रपचयन से कैल्सियम प्राप्त किया जा सकता है? ग्रपने उत्तर को प्रमाणित करने के लिये ग्रभिक्रिया की गिब्ज ऊर्जा का कलन करें।

1000. कैल्सियम हाइड्राइड की (a) ग्राक्सीजन व (b) जल के साथ ग्रभिक्रियाग्रों के समीकरण लिखिये।

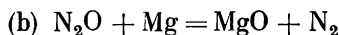
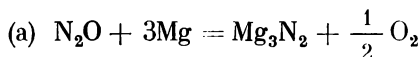
1001. कार्बन डाइग्राक्साइड में मैग्नीशियम के दहन की ग्रभिक्रिया के लिये ΔG°_{298} का कलन करें। क्या यह ग्रभिक्रिया स्वयं घट सकती है?

1002. मैग्नीशियम के वायु में जलने पर कौनसे उत्पाद बनते हैं? इनकी जल के साथ ग्रभिक्रियाग्रों के समीकरण लिखिये।

1003. परिशिष्ट की सारणी 5 का प्रयोग करते हुए कलन करके बताइये कि 1Kg चूने के बुझाने पर ऊष्मा की कितनी मात्रा उत्सर्जित होगी?

1004. निम्न दो में से कौनसी ग्रभिक्रिया ज्यादा संभव है जब मैग्नीशियम N_2O के साथ ग्रभिक्रिया करता है:

$$\text{(a)}\quad N_2O + 3Mg = Mg_3N_2 + \frac{1}{2}O_2$$

$$\text{(b)}\quad N_2O + Mg = MgO + N_2$$

ग्रपने उत्तर को कलनों द्वारा प्रमाणित करें।

1005. 30g कैल्सियम सल्फेट क्रिस्टल हाइड्रेट के भर्जन से 6.28g जल प्राप्त होता है। क्रिस्टल हाइड्रेट का सूत्र क्या है?

1006. $CaCO_3$ के सम्मिश्र वाला 5.00g CaO ग्रम्ल में घोलने पर 140ml गैस (सामान्य परिस्थितियों में) मुक्त हुई। ग्रारंभिक नमूने में $CaCO_3$ की प्रतिशत मात्रा (द्रव्यमान के प्रति) कितनी थी?

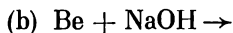
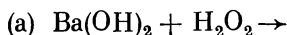
1007. निम्न ग्रभिक्रियाग्रों के समीकरणों को पूरा करें:

(a) $Ba(OH)_2 + H_2O_2 \rightarrow$

(b) $Be + NaOH \rightarrow$

(c) $BaO_2 + H_2SO_4 \rightarrow$

(d) $Mg + HNO_3$ (तनु) $\rightarrow$

(e) $BaO_2 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$

1008. बेरिलियम और जिंक हाइड्राक्साइडों की उभयधर्मी प्रकृति को प्रमाणित करने वाली अभिक्रियाओं के समीकरण दें।

1009. तनु तथा सांद्रित (a) हैाइड्रोक्लोरिक ; (b) सल्फ्यूरिक व (c) नाइट्रिक अम्ल के प्रति जिंक, कैडमियम और मर्करी के संबंध की तुलना करें। संगत अभिक्रियाओं के समीकरण लिखें।

1010. जब जिंक तथा कैडमियम हाइड्राक्साइडों की (a) क्षार व (b) अमोनिया के विलयनों के साथ अभिक्रिया कराते हैं तो क्या होता है?

1011. जिंक कर्बोनेट व जिंक आक्साइड के मिश्रण की 1.56g मात्रा के भर्जन से 1.34g जिंक आक्साइड प्राप्त हुआ। आरंभिक मिश्रण के अवयवानुपात (प्रतिशतों में) का कलन करें।

1012. 1Kg जिंक आक्साइड के ग्रेफाइट द्वारा अपचयन में अवशोषित ऊर्जा की मात्रा ज्ञात करें। तापमान पर अभिक्रिया की एन्थैल्पी की निर्भरता की उपेक्षा कर सकते हैं।

1013. पीतल का एक टुकड़ा नाइट्रिक अम्ल में घोला गया। विलयन दो भागों में विभाजित किया गया; एक भाग में अमोनिया का बाहुल्य मिलाया गया और दूसरे में क्षार का बाहुल्य। क्या दोनों अवस्थाओं में जिंक व कापर विलयन में होंगे या अवक्षेप में? और किन यौगिकों के रूप में होंगे?

1014. धात्विक मर्करी में प्राय: जिंक, टिन व लेड के मिश्रण उपस्थित होते हैं। इन्हें अलग करने के लिये मर्करी की $Hg(NO_3)_2$ विलयन के साथ प्रतिक्रिया करायी गयी। मर्करी को शुद्ध करने की यह विधि किस बात पर आधारित है?

1015. विलयन में मर्करी (II) क्लोराइड के कम वियोजन को कैसे समझा सकते हैं?

1016. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें:

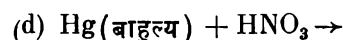
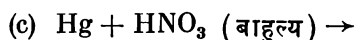
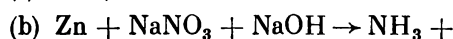
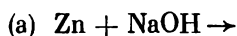
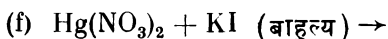
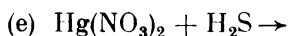
(a) $Zn + NaOH \rightarrow$

(b) $Zn + NaNO_3 + NaOH \rightarrow NH_3 +$

(c) $Hg + HNO_3$ (बाहुल्य) $\rightarrow$

(d) Hg(बाहुल्य) $+ HNO_3 \rightarrow$

(e) $Hg(NO_3)_2 + H_2S \rightarrow$

(f) $Hg(NO_3)_2 + KI$ (बाहुल्य) $\rightarrow$

1017. किन लवणों की उपस्थिति प्राकृतिक जल को कठोर बना देती है? (a) Na_2CO_3; (b) NaOH व (c) $Ca(OH)_2$ को कठोर जल में मिलाने से कौनसी रासायनिक अभिक्रियाएं घटती हैं? स्थायी व अस्थायी कठोरता पर विचार करें।

1018. 1000 लीटर जल में 2.86 मिलीतुल्यांक/1 लीटर अस्थायी कठोरता दूर करने के लिये कितने ग्राम $Ca(OH)_2$ मिलाना चाहिये?

1019. 100ml जल में उपस्थित हाइड्रोजन कार्बोनेट के साथ अभिक्रिया कराने लिये 5ml 0.1N HCl विलयन की ज़रूरत पड़ी। इस जल की अस्थायी कठोरता का कलन करें।

1020. जल की अस्थायी कठोरता कितनी है, अगर एक लीटर जल में 0.146g मैग्नीशियम हाइड्रोजन कार्बोनेट उपस्थित है?

1021. केवल कैल्सियम हाइड्रोजन कार्बोनेट युक्त जल की कठोरता 1.785 मिलीतुल्यांक/1 लीटर है। 1 लीटर जल में हाइड्रोजन कार्बोनेट का द्रव्यमान ज्ञात करें।

1022. कुल कठोरता 4.60 मिलीतुल्यांक/1 लीटर दूर करने के लिये 5 लीटर जल में कितना सोडियम कार्बोनेट मिलाना चाहिये?

1023. 1 लीटर जल में 38mg Mg^{2+} आयन तथा 108mg Ca^{2+} आयन उपस्थित हैं। जल की कुल कठोरता ज्ञात करें।

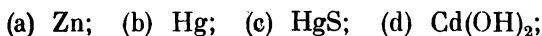
1024. कैल्सियम हाइड्रोजन कार्बोनेट युक्त 250ml जल को उबालने पर 3.5mg अवक्षेप प्राप्त हुआ। जल की कठोरता कितनी थी?

1025. जल की कठोरता दूर करने की आयन विनियम विधि किस सिद्धांत पर आधारित होती है?

अपना ज्ञान परखिये

1026. निम्न में से कौनसे पदार्थों के साथ हाइड्रोक्लोरिक अम्ल अभिक्रिया करता है:

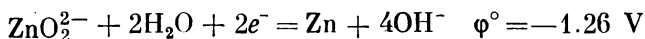
(a) Zn; (b) Hg; (c) HgS; (d) $Cd(OH)_2$;

(e) $Zn(NO_3)_2$; (f) $Zn(OH)_2$?

1027. निम्नों में से कौनसे यौगिकों के साथ $Zn(OH)_2$ अभिक्रिया करता है?

(a) NaCl; (b) H_2SO_4; (c) NH_4OH; (d) KOH; (e) $Fe(OH)_3$?

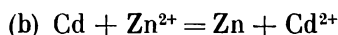
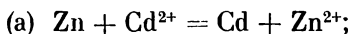
1028. किन विलयनों में जिंक के अपचायक गुण अधिक प्रबलता के साथ प्रदर्शित होते हैं अगर

$$Zn^{2+} + 2e^- = Zn \qquad \varphi^\circ = -0.76\ V$$

$$ZnO_2^{2-} + 2H_2O + 2e^- = Zn + 4OH^- \qquad \varphi^\circ = -1.26\ V$$

(a) अम्लीय विलयनों में; (b) क्षारीय विलयनों में।

1029. प्रणालियों Zn/Zn^{2+} व Cd/Cd^{2+} के लिये मानक इलेक्ट्रोड विभवों के मान क्रमश: —0.76v तथा —040v हैं। कैडमियम – जिंक गैल्वैनी से में कौनसी अभिक्रिया स्वत: घटती है?

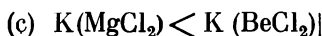
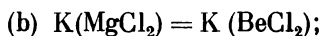
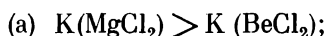
(a) $Zn + Cd^{2+} = Cd + Zn^{2+}$;

(b) $Cd + Zn^{2+} = Zn + Cd^{2+}$

1030. अभिक्रिया $Fe + Cd^{2+} \rightarrow Cd + Fe^{2+}$ गैल्वैनी सेल में स्वत: घटती है। कौनसा इलेक्ट्रोड धनाग्र है? (a) लोहे का; (b) कैडमियम का।

1031. आवर्त प्रणाली में Mg व Be की स्थितियों के आधार पर बताइये कि $MgCl_2$ व $BeCl_2$ के लवणों के जलापघट स्थिरांकों के बीच कौनसा संबंध सही है?

(a) $K(MgCl_2) > K(BeCl_2)$;

(b) $K(MgCl_2) = K(BeCl_2)$;

(c) $K(MgCl_2) < K(BeCl_2)$।

9. आवर्त प्रणाली के तीसरे ग्रुप के तत्व

1032. तीसरे ग्रुप के मुख्य उपग्रुप के परमाणुओं की संरचना की विशिष्टताओं पर विचार करें। इन तत्वों के लिये कौनसी संयोजकता अवस्थाएं लाक्षणिक हैं? तत्व के परमाणु क्रमांक की वृद्धि के साथ इनके गुण किस प्रकार परिवर्तित होते हैं?

1033. बोरान व सिलिकन के रासायनिक गुणों की समानता किस प्रकार व्यक्त होती है? इस समानता को कैसे समझा सकते हैं?

1034. डाइबोरेन के इलेक्ट्रान विन्यास का वर्णन करें। क्या B_2H_6 अणु में सभी हाइड्रोजन परमाणुओं के गुण समान हैं? अपने उत्तर के पक्ष में तर्क दें।

1035. गर्म करने पर आर्थोबोरिक अम्ल में क्या परिवर्तन आते हैं? संगत अभिक्रियाओं के समीकरण लिखें।

1036. सोडियम मेटाबोरेट, टेट्राबोरेट व बोराइड के सूत्र लिखिये।

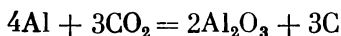
1037. ऐलुमिनियम जल से हाइड्रोजन केवल तभी विस्थापित करता है, जब जल में क्षार मिलाया जाता है। ऐसा क्यों? संगत अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये।

1038. ऐलुमिनियम सल्फेट की (a) $(NH_4)_2S$; (b) Na_2CO_3 व (c) KOH (बाहुल्य) के विलयनों के साथ अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये।

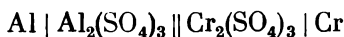
1039. सामान्य परिस्थितियों में 3 लीटर अमोनिया प्राप्त करने के लिये ऐलुमिनियम नाइट्राइड के कितने द्रव्यमान की ज़रूरत पड़ेगी?

1040. $AlCl_3$ के विलयन पर NH_3 व NaOH के जलीय विलयनों के बाहुल्य की प्रतिक्रियाओं के समीकरण लिखिये।

1041. परिशिष्ट की सारणी 5 का प्रयोग करते हुए स्थापित करें कि अभिक्रिया

$$4Al + 3CO_2 = 2Al_2O_3 + 3C$$

स्वत: घट सकती है या नहीं।

1042. गैल्वैनी सेल

$$Al \mid Al_2(SO_4)_3 \parallel Cr_2(SO_4)_3 \mid Cr$$

के कार्य करते समय ऋणाग्र पर 31.2g क्रोमियम अपचयित हुआ। ऐलुमिनियम इलेक्ट्रोड के द्रव्यमान में कितनी कमी आ गयी?

1043. 50 लीटर हाइड्रोजन प्राप्त करने के लिये आवश्यक कैल्सियम हाइड्राइड व धात्विक ऐलुमिनियम के द्रव्यमानों की तुलना करें।

1044. ऐलुमोअमोनियम फिटकरी से (a) ऐलुमिनियम हाइड्राक्साइड, (b) बेरियम सल्फेट (c) पोटेशियम ऐलुमिनेट कैसे प्राप्त कर सकते हैं? संगत अभिक्रियाओं के समीकरण लिखिये।

1045. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें:

(a) $B + HNO_3$ (सांद्रित) →

(b) $Na_2B_4O_7 + H_2SO_4 + H_2O$ →

(c) $H_3BO_3 + NaOH$ →

(d) $Al_2(SO_4)_3 + Na_2S + H_2O$

(e) $Al + NaOH + H_2O$ →

(f) $AlCl_3 + Na_2CO_3 + H_2O$ →

1046. गैलियम उपग्रुप तत्वों के लिये कौनसी उपचयन अवस्थाएं लाक्षणिक हैं? गैलियम तथा इंडियम यौगिक किन उपचयन अवस्थाओं में अधिक स्थायी होते हैं और थैलियम यौगिक किन उपचयन अवस्थाओं में?

1047. ऐलुमिनियम हैलाइड अणुओं की द्वितयन प्रवृति कैसे समझायी जा सकती है?

1048. Tl_2CrO_4 की विलेयता की कलन करें अगर 20°C पर इस लवण के लिये Ksp का मान 9.8×10^{-13} है।

1049. लैन्थेनाइडों के रासायनिक गुणों की समानता कैसे समझा सकते हैं?

1050. लैन्थेनाइड संकुचन क्या होता है? यह छठे आवर्त के d-तत्वों के गुणों को किस प्रकार प्रभावित करता है?

अपना ज्ञान परखिये

1051. क्या BF_3 व NH_3 के बीच अभिक्रिया घट सकती है: (a) हां; (b) नहीं?

क्योंकि (1) NH_3 अणु में नाइट्रोजन परमाणु की बाह्य इलेक्ट्रानी सतह पूर्णता इलेक्ट्रानों से भरी है; (2) NH_3 व BF_3 अणुओं के बीच दाता-ग्राही अनुबंध बन सकता है।

1052. निम्न में से कौनसे यौगिकों के साथ KOH अभिक्रिया करेगा: (a) H_3BO_3; (b) $Na_2B_4O_7$; (c) Al_2O_3; (d) $AlCl_3$; (e) $Ga(OH)_3$?

1053. किन पदार्थों के मिलाने से $AlCl_3$ का जलापघटन तीव्र हो जयेगा:

(a) H_2SO_4; (b) $ZnCl_2$; (c) $(NH_4)_2S$; (d) Zn?

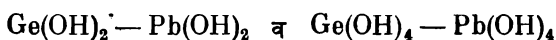
1054. $AlCl_3$ व Na_2CO_3 की जलीय विलयन में अभिक्रिया से कौनसे उत्पाद बनते हैं: (a) $Al(OH)_3$ व CO_2; (b) $Al_2(CO_3)_3$ व NaCl?

1055. निम्न में से कौनसे पदार्थों के साथ सांद्रित HNO_3 अभिक्रिया करेगा: (a) B; (b) Al; (c) $Al(OH)_3$; (d) $Na_2B_4O_7$?

10. आवर्त प्रणाली के चौथे, पांचवें, छठे व सातवें ग्रुपों की धातुएं

1056. वायु, जल तथा अम्लों के प्रति लेड के व्यवहार का वर्णन करें। लेड तनु हाइड्रोक्लोरिक व सल्फ्युरिक अम्लों में क्यों नहीं घुलता है हालांकि वि० वा० श्रेणी में यह हाइड्रोजन से पहले आता है?

1057. जर्मेनियम, टिन व लेड के आक्साइडों के नाम लिखिये। श्रेणी

$$Ge(OH)_2 — Pb(OH)_2 \text{ व } Ge(OH)_4 — Pb(OH)_4$$

में हाइड्राक्साइडों के अम्लीय व क्षारीय गुण किस प्रकार परिवर्तित होते हैं?

1058. श्रेणी Ge (II)—Pb (II) व Ge (IV)—Pb (IV) में यौगिकों के उपापचयन गुण किस प्रकार परिवर्तित होते हैं?

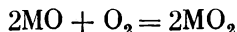
1059. लेड व टिन का एक ऐलाय सांद्रित अम्ल के साथ तब तक गर्म किया गया, जब तक अभिक्रिया बंद नहीं हुई। अविलीन अवक्षेप छाना गया, सूखाया गया और भर्जित किया गया। अवशेष का गठन क्या है? विलयन में क्या चीज़ उपस्थित है?

1060. लेड आक्साइड Pb_2O_3 व Pb_3O_4 मिश्रित क्यों कहलाते हैं? इन यौगिकों में लेड की उपचयन दशा बताइये।

1061. $SnCl_2$ विलयन प्राप्त करने के लिये जल को हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के साथ क्यों अम्लित करते हैं?

1062. धात्विक टिन के आधार पर सोडियम थायोस्टैनेट कैसे प्राप्त कर सकते हैं?

1063. परिशिष्ट की सारणी 5 के आंकड़ों की सहायता से क्रिया

$$2MO + O_2 = 2MO_2$$

पर विचार करते हुए टिन और लेड की विभिन्न उपचयन अवस्थाओं के तुलनात्मक स्थायित्व के बारे में किसी निष्कर्ष पर पहुंचें।

1064. α- व β- स्टैनिक अम्ल किस प्रकार प्राप्त कर सकते हैं? इनके गुणों के बीच क्या अंतर होता है?

1065. टाट्रहाइड्राक्सोस्टैनेट (II), हैक्साहाइड्राक्सोस्टैनेट (IV), हैक्साहाइड्राक्सो प्लम्बेट (IV), हैक्साहाइड्राक्सोप्लम्बेट (II) व सोडियम थायोस्टैनेट के सूत्र लिखिये। इन यौगिकों को कैसे प्राप्त कर सकते हैं?

1066. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें:

(a) $Ge + HNO_3 \rightarrow$ (d) $Pb + KOH \rightarrow$

(b) $Sn + HNO_3 \rightarrow$ (e) $PbO_2 + HCl \rightarrow$

(c) $Sn + KOH \rightarrow$

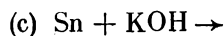
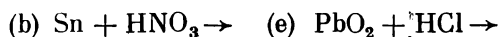
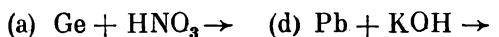
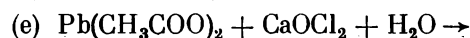
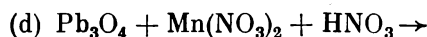
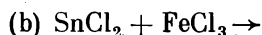
1067. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें:

(a) $Pb_3O_4 + KI + H_2SO_4 \rightarrow$

(b) $SnCl_2 + FeCl_3 \rightarrow$

(c) $SnCl_2 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow$

(d) $Pb_3O_4 + Mn(NO_3)_2 + HNO_3 \rightarrow$

(e) $Pb(CH_3COO)_2 + CaOCl_2 + H_2O \rightarrow$

1068. लेड संचायक को आवेशित तथा आवेशरहित करने पर इलेक्ट्रोडों पर घट रही अभिक्रियाओं के समीकरण लिखें।

1069. वैनेडियम उपग्रुप के तत्वों के गुणों की (a) ग्रुप V के मुख्य उपग्रुप, (b) टाइटेनियम उपग्रुप व (c) क्रोमियम उपग्रुप के तत्वों के गुणों के साथ तुलना करें।

1070. नियोबियम व टैन्टेलम, मालिब्डेनम व टंग्स्टन, टेकनीशियम व रीनियम की परमाणु त्रिज्याओं की समीपता को कैसे समझा सकते हैं?

1071. क्रोमियम, मालिब्डेनम व टंग्स्टन को आवर्त सारणी के छठे ग्रुप में रखने का कारण बताइये। इन तत्वों और मुख्य उपग्रुत के तत्वों के बीच क्या समानता है?

1072. (a) आवर्त सारणी में क्रोमियम का इसके स्थान व परमाणु की संरचना, (b) धात्विक क्रोमियम का जल-वायु व अम्लों के प्रति व्यवहार तथा (c) क्रोमियम आक्साइडों व हाइड्राक्साइडों की संरचना व प्रकृति इंगित करते हुए क्रोमियम के गुणों का वर्णन करें।

1073. कोमियम के कौनसे यौगिकों के लिये उपचायक गुण लाक्षणिक है? उन अभिक्रियाओं के उदाहरण दें, जिनमें ये गुण दिखायी देते हैं?

1074. किस विलयन में – अम्लीय या क्षारीय – क्रोमियम (VI) के उपचायक गुण अधिक सुनिश्चित हैं? क्रोमियम (III) के अपचायक गुण? इसे कैसे समझा सकते हैं?

1075. सोडियम सल्फाइड विलयन (a) क्रोमियम (II) क्लोराइड व (b) क्रोमियम (III) क्लोराइड विलयनों के साथ मिलाने पर क्या होता है? अभिक्रियाओं के समीकरण लिखें।

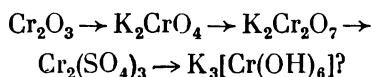
1076. क्षारीय विलयन में क्रोमियम (III) क्लोराइड की (a) ब्रोमीन व (b) हाइड्रोजन परआक्साइड के साथ अभिक्रियओं के समीकरण लिखें।

1077. अगर पोटेशियम डाइक्रोमेट अभिकारक के रुप में इस्तेमाल किया जाये तो पोटेशियम क्रोम ऐलम कैसे प्राप्त कर सकते हैं? 1Kg ऐलम प्राप्त करने के लिये आवश्यक $K_2Cr_2O_7$ का द्रव्यमान ज्ञात करें।

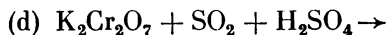
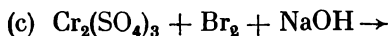
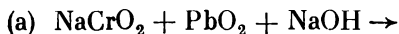
1078. जब बेरियम लवण पोटेशियम क्रोमेट व डाइक्रोमेट विलयनों के साथ अभिक्रिया करते हैं तो एक ही संरचना के अवक्षेप क्यों बनते हैं?

1079. क्या पोटेशियम क्रोमेट व डाइक्रोमेट के जलीय विलयन उदासीन, अम्लीय या क्षारीय हैं? तर्कसहित उत्तर दें।

1080. निम्न रूपांतरण कैसे घटाये जा सकते हैं

$$Cr_2O_3 \rightarrow K_2CrO_4 \rightarrow K_2Cr_2O_7 \rightarrow$$
$$Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow K_3[Cr(OH)_6]?$$

1081. जब सोडियम डाइक्रोमेट का एक मोल हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के बाहुल्य के साथ अभिक्रिया करता है तो सामान्य परिस्थितियों में क्लोरीन का कितना आयतन उत्सर्जित होता है?

1082. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें :

(a) $NaCrO_2 + PbO_2 + NaOH \rightarrow$
(b) $CrCl_3 + NaBiO_3 + NaOH \rightarrow$
(c) $Cr_2(SO_4)_3 + Br_2 + NaOH \rightarrow$
(d) $K_2Cr_2O_7 + SO_2 + H_2SO_4 \rightarrow$
(e) $K_2Cr_2O_7 + Fe_2SO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$
(f) $FeO \cdot Cr_2O_3 + O_2 + K_2CO_3 \rightarrow$
$Fe_2O_3 + K_2CrO_4 + CO_2$

1083. मैंगनीज व हैलोजेन उपग्रुप के तत्वों के परमाणुओं की संरचना में अंतर दिखाइये। ये तत्व किन उपचयन अवस्थाओं में अपने गुणों में अधिकतम समानता प्रदर्शित करते हैं?

1084. उदासीन व अम्लीय विलयनों में 7.60g $FeSO_4$ को उपचयित करने के लिये पोटेशियम परमैंगनेट के कितने द्रव्यमान की ज़रूरत पड़ेगी?

1085. उन अभिक्रियाओं के समीकरण लिखें जिनमें मैंगनीज यौगिक (a) उपचायक गुण; (b) अपचायक व (c) उपचायक व अपचायक गुण साथ-साथ प्रदर्शित करते हैं।

1086. उच्च व निम्न उपचयन अवस्था वाले मैंगनीज यौगिकों से मैंगनीज (VI) यौगिक कैसे प्राप्त कर सकते हैं?

1087. पोटेशियम परमैंगनेट के ऊष्मा अपघटन का समीकरण लिखें। यह अभिक्रिया किस किस्म के उपापचयन रूपांतरण के साथ संबंधित है?

1088. क्या ऐसा विलयन तैयार किया जा सकता है जिसमें Sn^{2+} व Hg^{2+}; Sn^{2+} व Fe^{3+}; SO_3^{2-} व MnO_4^-; $Cr_2O_7^{2-}$ व SO_4^{2-} साथ-साथ उपस्थित हों? बताइये आयनों के कौनसे समुच्चय असंभव हैं और क्यों?

1089. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें :

(a) $KMnO_4 + K_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$
(b) $KMnO_4 + K_2SO_3 + H_2O \rightarrow$

(c) $KMnO_4 + K_2SO_3 + KOH \rightarrow$

(d) $KMnO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow$

1090. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें :

(a) $KMnO_4 + HCl$ (सांद्रित) $\rightarrow$

(b) $KMnO_4 + H_2S + H_2O \rightarrow$

(c) $MnO_2 + HCl$ (सांद्रित) $\rightarrow$

(d) $KMnO_4 + KI + H_2SO_4 \rightarrow$

(e) $MnSO_4 + (NH_4)_2S_2O_8 + H_2O \rightarrow$

1091. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें :

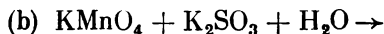
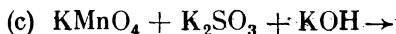
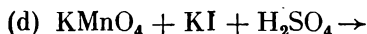
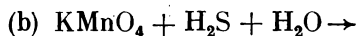
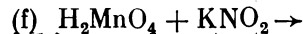
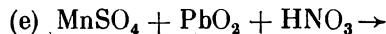
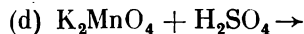
(a) $KMnO_4 + MnSO_4 + H_2O \rightarrow$

(b) $MnSO_4 + NaBrO_3 + HNO_3 \rightarrow$

(c) $MnSO_4 + Br_2 + NaOH \rightarrow$

(d) $K_2MnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow$

(e) $MnSO_4 + PbO_2 + HNO_3 \rightarrow$

(f) $H_2MnO_4 + KNO_2 \rightarrow$

अपना ज्ञान परखिये

1092. $Sn(NO_3)_2(pH_1)$ व $Pb(NO_3)_2(pH_2)$ के सममोलीय विलयनों के pH के बीच क्या संबंध है :

(a) $pH_1 > pH_2$; (b) $pH_1 = pH_2$; (c) $pH_1 < pH_2$?

1093. $CrCl_2$ (h_1) व $CrCl_3$ (h_2) के सममोलीय विलयनों के लिये जलापघटन की डिग्रियों के बीच क्या संबंध है :

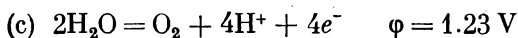
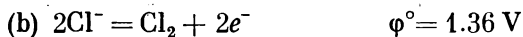
(a) $h_1 > h_2$; (b) $h_1 = h_2$; (c) $h_1 < h_2$?

1094. $SnCl_2$ के जलापघटन की डिग्री घटायी कैसे जा सकती है : (a) विलयन को गर्म करके ; (b) उसमें अम्ल मिला कर ; (c) विलयन का pH घटा कर ?

1095. लेड (II) हाइड्राक्साइड प्राप्त करने के लिये कौनसी अभिक्रिया प्रयुक्त की जा सकती है : (a) स्वतंत्र धातु की जल के

साथ अभिक्रिया ; (b) लेड (II) आक्साइड की जल के साथ अभिक्रिया ; (c) लेड (II) के लवण की क्षार के साथ अभिक्रिया ?

1096. टिन (II) क्लोराइड के जलीय विलयन के विद्युत-अपघटन में टिन इलेक्ट्रोड पर निम्न में से कौनसी अभिक्रियाएं घटती हैं ?

(a) $Sn = Sn^{2+} + 2e^-$ $\varphi^\circ = -0.14$ V
(b) $2Cl^- = Cl_2 + 2e^-$ $\varphi^\circ = 1.36$ V
(c) $2H_2O = O_2 + 4H^+ + 4e^-$ $\varphi = 1.23$ V

11. उत्कृष्ट गैसें, आठवें ग्रुप की धातुएं

1097. क्या उत्कृष्ट गैसों के हाइड्रेटों को, उदाहरणतया, $Kr \cdot 6H_2O$ रासायनिक यौगिक कह सकते हैं ? अपने उत्तर का कारण बताइये।

1098. आर्गान अणु में कितने परमाणु होते हैं, अगर वायु के प्रति इसका घनत्व 1.38 है ?

1099. यौगिक $Xe[PtF_6]$ में जीनान की प्रतिशत मात्रा का कलन कीजिये। इस यौगिक का नाम बाइये।

1100. लौह परिवार की धातुओं के लिये कौनसी उपचयन अवस्थाएं लाक्षणिक हैं ?

1101. लौह, कोबाल्ट व निकेल की अम्लों के प्रति संबंध की विशेषताएं बताइये।

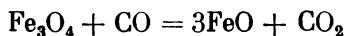
1102. लौह (III), कोबल्ट (III) व निकेल (III) हाइड्राक्साइडों की हाइड्रोक्लोरिक व सल्फ्यूरिक अम्ल के साथ अभिक्रियाओं के समीकरण लिखें।

1103. Na_2CO_3 विलयन की $FeCl_3$ व $FeCl_2$ विलयनों के साथ अभिक्रियाओं के समीकरण लिखें।

1104. (a) लौह (III) लवण को लौह (II) लवण में ; व (b) लौह (II) लवण को लौह (III) लवण में कैसे रूपांतरित कर सकते हैं ? इन अभिक्रियाओं के उदाहरण दें।

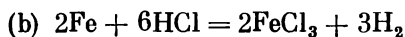
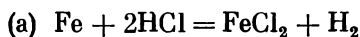
1105. परिशिष्ट की सारणी 5 की सहायता से स्थापित करें कि निम्न अपचायकों में से कौनसें Fe_2O_3 को स्वतंत्र धातु में अपचयित कर सकते हैं : (a) Zn; (b) Ni; (c) H_2S?

1106. मैग्नेटाइट से लौह प्राप्त करते समय वात्या भट्ठी में घट रही अभिक्रियाओं में एक निम्न है :

$$Fe_3O_4 + CO = 3FeO + CO_2$$

परिशिष्ट की सारणी 5 की सहायता से अभिक्रिया का ऊष्मा प्रभाव ज्ञात करें। तापमान में वृद्धि लाने पर इस अभिक्रिया का संतुलन किस दिशा में स्थानान्तरित होगा ?

1107. निम्न में से किस अभिक्रिया में धात्विक लौह pH = O वाले हाइड्रोक्लोरिक अम्ल में विलीन होगा :

(a) $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$

(b) $2Fe + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2$

1108. कौनसे लौह व कार्बन ऐलाय इस्पात कहलाते हैं और कौनसे ढलवां लोहा ?

1109. वात्या भट्ठी के विभिन्न हिस्सों में घट रही अभिक्रियाओं का आरेख बनाइये। ढलवें लोहे को प्रगलित करते समय अयस्क में कैल्सियम कार्बोनेट किसलिये मिलाते हैं ?

1110. लौह को इस्पात में परिवर्तित करने की विधियों की गिनती करें। इस परिवर्तन के दौरान कौनसी अभिक्रियाएं घटती हैं ?

1111. क्या (a) $FeCl_3$ व H_2S के विलयनों की अभिक्रिया और (b) $Fe(NO_3)_3$ व $(NH_4)_2S$ के विलयनों की अभिक्रिया से लौह (III) सल्फाइड प्राप्त किया जा सकता है ? अपने उत्तर का कारण बताइये।

1112. जलीय विलयन में लौह (II) सल्फाइड को जल में विलीन आक्सीजन द्वारा उपचयित कराने से क्षारीय लवण बनता है। संगत अभिक्रिया का समीकरण लिखें।

1113. अन्य धातुओं के साथ संपर्क का लौह के संक्षारण पर क्या प्रभाव पड़ता है ? टिन लेपित, जस्ता चढ़ा व निकेल लेपित लौह की क्षतिगत सतह से कौनसी धातु सबसे पहले नष्ट होगी ?

1114. कौनसे यौगिक फैराइड व फैरेट कहलाते हैं ? ऐसे यौगिकों के उदाहरण दें।

1115. 10ml $FeSO_4$ विलयन में उपस्थित लौह को लौह (III) द्वारा उपचयित करके हाइड्राक्साइड के रूप में अवक्षेपित कर लिया गया। भर्जित अवक्षेप का द्रव्यमान 0.4132g निकला। आरंभिक विलयन की मोलीय सान्द्रता का कलन करें।

1116. लौह व निकेल के कार्बोनिल यौगिकों के इलेक्ट्रानी विन्यास का वर्णन करें। ये यौगिक किस काम में इस्तेमाल किये जाते हैं?

1117. शृंखला Fe (II) — CO (II) — Ni (II) में उपचयन के प्रति स्थायित्व कैसे परिवर्तित होता है? श्रेणी Fe (III) — CO (III) — N; (III) में उपचायक शक्ति किस प्रकार परिवर्तित होती है?

1118. निम्न अभिक्रियाओं के समीकरणों को पूरा करें:

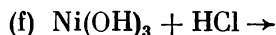
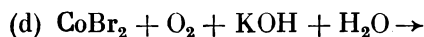
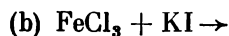
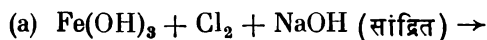
(a) $Fe(OH)_3 + Cl_2 + NaOH$ (सांद्रित) $\rightarrow$

(b) $FeCl_3 + KI \rightarrow$

(c) $FeS_2 + HNO_3$ (सांद्रित) $\rightarrow$

(d) $CoBr_2 + O_2 + KOH + H_2O \rightarrow$

(e) $FeSO_3 + HNO_3$ (सांद्रित) $\rightarrow$

(f) $Ni(OH)_3 + HCl \rightarrow$

1119. प्लैटिनम और पैलेडियम हाइड्रोजन के साथ क्या अभिक्रिया करते हैं?

1120. Pt की अम्लराज के साथ अभिक्रिया से क्या प्राप्त होता है? अभिक्रिया का समीकरण लिखें।

1121. निम्न मिश्रित यौगिकों के नाम बताइये:

(a) $[Pd(NH_3)Cl_3]$

(b) $K_2[Ru(OH)Cl_5]$

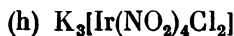
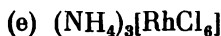
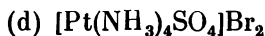
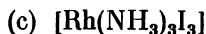
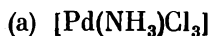
(c) $[Rh(NH_3)_3I_3]$

(d) $[Pt(NH_3)_4SO_4]Br_2$

(e) $(NH_4)_3[RhCl_6]$

(f) $Na_2[PdI_4]$

(g) $[Os(NH_3)_6]Br_3$

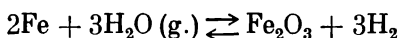
(h) $K_3[Ir(NO_2)_4Cl_2]$

अपना ज्ञान परखिये

1122. $FeSO_4$ (pH_1) व $Fe_2(SO_4)_3$ (pH_2) के सममोलीय विलयनों के pH के बीच क्या संबंध है?

(a) $pH_1 > pH_2$; (b) $pH_1 = pH_2$; (c) $pH_1 < pH_2$।

क्योंकि (1) दुर्बल भस्म द्वारा बना लवण ज्यादा डिग्री तक जलापघटित हो जाता है; (2) जलापघटन की डिग्री विलयन की सान्द्रता पर निर्भर करती है।

1123. प्रणाली

$$2Fe + 3H_2O\,(g.) \rightleftarrows Fe_2O_3 + 3H_2$$

में संतुलन किस दिशा में स्थानान्तरित होता है, जब दाब घटाया जाता है? (a) बायीं ओर: (b) दायीं ओर; (c) संतुलन स्थानन्तरित नहीं होता है।

1124. किस पदार्थ के मिलाने से $FeCl_3$ का जलापघटन तीव्र हो जायेगा:

(a) H_2SO_4; (b) $ZnCl_2$; (c) $(NH_4)_2CO_3$; (d) Zn?

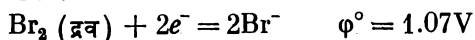
1125. सोडियम कार्बोनेट की $Fe_2(SO_4)_3$ के जलीय विलयन के साथ अभिक्रिया के उत्पाद क्या हैं: (a) $Fe(OH)_3$ व CO_2; (b) $Fe_2(CO_3)$ व Na_2SO_4?

क्योंकि (1) विनिमय अभिक्रिया घटती है; (2) दोनों लवणों के जलापघटन का पारस्परिक प्रवधर्न घटता है।

1126. निम्न में से किन पदार्थों के साथ लौह (III) सल्फेट जलीय विलयन में अभिक्रिया करेगा:
(a) NaI; (b) NaBr; (c) दोनों में से किसी के साथ भी नहीं; (d) दोनों के साथ, अगर

$Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$ $\quad \varphi^\circ = 0.77$ V

I_2 (c.) $+ 2e^- = 2I^-$ $\quad \varphi^\circ = 0.54$ V

Br_2 (द्रव) $+ 2e^- = 2Br^-$ $\quad \varphi^\circ = 1.07$V

1127. कोबाल्ट कार्बोनिल का सूत्र क्या है : (a) $Co(CO)_4$; (b) $Co_2(CO)_8$?

क्योंकि (1) सामान्य अवस्था में कोबाल्ट परमाणु में तीन अयुग्मी d-इलेक्ट्रान उपस्थित होते हैं ; (2) उत्तेजित अवस्था में कोबाल्ट परमाणु में चार स्वतंत्र संयोजकता कक्षक होते हैं ; (3) उत्तेजित अवस्था में कोबाल्ट परमाणु में एक अयुग्मी इलेक्ट्रान होता है।

परिशिष्ट

सारणी 1

कुछ अंतर्राष्ट्रीय मात्रक

(SI Unit)

मान	इकाई, नाम चिन्ह
मूल मात्रक	
लंबाई	मीटर m
द्रव्यमान	किलोग्राम kg
समय	सेकंड s
विद्युत धारा की शक्ति	ऐम्पियर A
तापमान	केल्विन K
पदार्थ की मान	मोल mol
व्युत्पन्न मात्रक	
आयतन	घन मीटर m^3
घनत्व	किलोग्राम प्रति घन मीटर kg/m^3
बल, भार	न्यूटन $N\ (kg \cdot m/s^2)$
दाब	पास्कल $Pa\ (N/m^2)$
ऊर्जा, कार्य, ऊष्मा की मात्रा	जूल $J\ (N \cdot m)$
क्षमता	वाट $W\ (J/s)$
विद्युत की मात्रा	कूलांम $C\ (A \cdot s)$
विद्युत वोल्टता, विद्युत विभव, विद्युत वाहक बल (e·m·f)	वोल्ट $V\ (W/A)$

कुछ NS मात्रकों से SI मात्रकों का अनुपात

मान	इकाई	SI के प्रति अनुपात
लंबाई	माइक्रोमीटर (Mm)	1×10^{-6} m
	एंग्स्ट्रम Å	1×10^{-10} m
दाब	भौतिक ऐटमौस्फियर (atm)	1.01325×10^{5} Pa
	m mol Hb	133,322 Pa
ऊर्जा, कार्य, ऊष्मा की मात्रा	इलेक्ट्रान – वोल्ट (ev)	$1,60219 \times 10^{-19}$ J
	कैलोरी (cal)	4.1868 J
	किलोकैलोरी (kcal)	4186.8 J
द्विध्रुवीय आघूर्ण	डेबाई (D)	3.33×10^{-30} c · m

कुछ मौलिक भौतिक स्थिरांकों के मान

स्थिरांक	चिन्ह	संख्यात्मक मान
निर्वात में प्रकाश की गति	c	2.9979246×10^{8} m/s
प्लांक स्थिरांक	h	6.62618×10^{-34} J · s
प्राथमिक विद्युत आवेश	e	1.602189×10^{-19} C
अवोगाड्रो स्थिरांक	N	6.022045×10^{23} mol^{-1}
फैराडे स्थिरांक	F	9.64846×10^{4} C/mol
मोलीय गैस स्थिरांक	R	8.3144 J/(mol · K)

सारणी 4

सर्वाधिक महत्वपूर्ण अम्लों और उनके लवणों के नाम

अम्ल	नाम	
	अम्ल	लवण
$HAlO_2$	मेटाऐलुमिनिक	मेटाऐलुमिनेट
$HAsO_3$	मेटाआर्सेनिक	मेटाआर्सेनेट
H_3AsO_4	आर्थोआर्सेनिक	आर्थोआर्सेनेट
$HAsO_2$	मेटाआर्सेनस	मेटाआर्सेनाइट
H_3AsO_3	आर्थोआर्सेनस	आर्थोआर्सेनाइट
HBO_2	मेटाबोरिक	मेटाबोरेट
H_3BO_3	आर्थोबोरिक	आर्थोबोरेट
$H_2B_4O_7$	टेट्राबोरिक	टेट्राबोरेट
HBr	हाइड्रोजन ब्रोमाइड	ब्रोमाइड
$HBrO$	हाइपोब्रोमस	हाइपोब्रोमाइट
$HBrO_3$	ब्रोमिक	ब्रोमेट
$HCOOH$	फार्मिक	फार्मेट
CH_3COOH	ऐसीटिक	ऐसीटेट
HCN	हाइड्रोजन सायनाइड	सायनाइड
H_2CO_3	कार्बोनिक	कार्बोनेट
$H_2C_2O_4$	आक्सैलिक	आक्सेलेट
HCl	हाइड्रोजन क्लोराइड	क्लोराइड
$HClO$	हाइपोक्लोरस	हाइपोक्लोराइट
$HClO_2$	क्लोरोस	क्लोराइट
$HClO_3$	क्लोरिक	क्लोरेट
$HClO_4$	परक्लोरिक	परक्लोरेट
$HCrO_2$	मेटाक्रोमस	मेटाक्रोमेट
H_2CrO_4	क्रोमिक	क्रोमेट

अम्ल	नाम	
	अम्ल	लवण
$H_2Cr_2O_7$	डाइक्रोमिक	डाइक्रोपेट
HI	हाइड्रोजन आयोडइड	आयोडाइड
HIO	हाइपोआयोडस	हाइपोआयोडाइट
HIO_3	आयोडिक	आयोडेट
HIO_4	परआयोडिक	परआयोडेट
$HMnO_4$	परमैंगनिक	परमैंगनेट
H_2MnO_4	मैंगनिक	मैंगनेट
H_2MoO_4	मालिब्डिक	मालिब्डेट
HN_3	हाइड्रेजोइक	ऐजाइड
HNO_2	नाइट्रस	नाइट्राइट
HNO_3	नाइट्रिक	नाइट्रेट
HPO_3	मेटाफास्फोरिक	मेटाफास्फेट
H_3PO_4	आर्थोफास्फोरिक	आर्थोफास्फेट
$H_4P_2O_7$	डाइफास्फोरिक	डाइफास्फेट
H_3PO_3	फास्फोरस	फास्फाइट
H_3PO_2	हाइपोफास्फोरस	हाइपोफास्फाइट
H_2S	हाइड्रोजन सल्फाइड	सल्फाइड
HSCN	हाइड्रोजन थायोसायनाइड	थायोसायनाइड
H_2SO_3	सल्फ्यूरस	सल्फाइट
H_2SO_4	सल्फ्यूरिक	सल्फेट
$H_2S_2O_3$	थायोसल्फ्यूरिक	थायोसल्फेट
$H_2S_2O_7$	डाइसल्फ्यूरिक	डाइसल्फेट
$H_2S_2O_8$	परसल्फ्यूरिक	परसल्फेट
H_2Se	हाइड्रोजन सिलेनाइड	सिलेनाइड
H_2SeO_3	सिलेनस	सिलेनाइट
H_2SeO_4	सिलेनिक	सिलेनेट
H_2SiO_3	सिलिसिक	सिलिकेट
HVO_3	वैनेडिक	वैनेडेट
H_2WO_4	टंगस्टिक	टंग्स्टेट

298 K (25 °C) पर कुछ तत्वों की आदर्श संभवन एन्थैल्पी ΔH°_{298}, एन्ट्रापी S°_{298} और गिब्ज ऊर्जा संभवन ΔG°_{298}

पदार्थ	ΔH°_{298} kJ/mol	S°_{298} J/(mol · K)	ΔG°_{298} kJ/mol
Al_2O_3 (c.)	— 1676.0	50.9	— 1582.0
C (ग्रेफाइट)	0	5.7	0
CCl_4 (lq.)	— 135.4	214.4	— 64.6
CH_4 (g.)	— 74.9	186.2	— 50.8
C_2H_2 (g.)	226.8	200.8	209.2
C_2H_4 (g.)	52.3	219.4	68.1
C_2H_6 (g.)	— 89.7	229.5	— 32.9
C_6H_6 (lq.)	82.9	269.2	129.7
C_2H_5OH (lq.)	— 277.6	160.7	— 174.8
$C_6H_{12}O_6$) (ग्लूकोस)	— 1273.0	—	— 919.5
CO (g.)	— 110.5	197.5	— 137.1
CO_2 (g.)	— 393.5	213.7	— 394.4
$CaCO_3$ (c.)	— 1207.0	88.7	— 1127.7
CaF_2 (c.)	— 1214.6	68.9	— 1161.9
Ca_3N_2 (c.)	— 431.8	105	— 368.6
CaO (c.)	— 635.5	39.7	— 604.2
$Ca(OH)_2$ (c.)	— 986.7	76.1	— 896.8
Cl_2 (g.)	0	222.9	0
Cl_2O (g.)	76.6	266.2	94.2
ClO_2 (g.)	105.0	257.0	122.3
Cl_2O_7 (lq.)	251.0	—	—
Cr_2O_3 (c.)	— 1440.6	81.2	— 1050.0
CuO (c.)	— 162.0	42.6	— 129.9
FeO (c.)	264.8	60.8	— 244.3
Fe_2O_3 (c.)	— 822.2	87.4	— 740.3
F_3O_4 (c.)	— 1117.1	146.2	— 1014.2
H_2 (g.)	0	130.5	0
HBr (g.)	— 36.3	198.6	— 53.3

पदार्थ	ΔH°_{298} kJ/mol	S°_{298} J/(mol · K)	ΔG°_{298} kJ/mol
HCN (g.)	135.0	113.1	125.5
HCl (g.)	— 92.3	186.8	— 95.2
HF (g.)	— 270.7	178.7	— 272.8
HI (g.)	26.6	206.5	1.8
HN_3 (lq.)	294.0	328.0	238.8
H_2O (g.)	— 241.8	188.7	— 228.6
H_2O (lq.)	— 285.8	70.1	— 237.3
H_2S (g.)	— 21.0	205.7	— 33.8
KCl (c.)	— 435.9	82.6	— 408.0
$KClO_3$ (c.)	— 391.2	143.0	— 289.9
$MgCl_2$ (c.)	— 641.1	89.9	— 591.6
Mg_3N_2 (c.)	— 461.1	87.9	— 400.9
MgO (c.)	— 601.8	26.9	— 569.6
N_2 (g.)	0	191.5	0
NH_3 (g.)	— 46.2	192.6	— 16.7
NH_4NO_2 (c.)	— 256	—	—
NH_4NO_3 (c.)	— 365.4	151	— 183.8
N_2O (g.)	82.0	219.9	104.1
NO (g.)	90.3	210.6	86.6
N_2O_3 (g.)	83.3	307.0	140.5
NO_2 (g.)	33.5	240.2	51.5
N_2O_4 (g.)	9.6	303.8	98.4
N_2O_5 (c.)	— 42.7	178	114.1
NiO (c.)	— 239.7	38.0	— 211.6
O_2 (g.)	0	205.0	0
OF_2 (g.)	25.1	247.0	42.5
P_2O_5 (c.)	— 820	173.5	—
$P_2O/$ (c.)	— 1492	114.5	— 1348.8
PbO (c.)	— 219.3	66.1	— 189.1
PbO_2 (c.)	— 276.6	74.9	— 218.3
SO_2 (g.)	— 296.9	248.1	— 300.2

पदार्थ	ΔH°_{298} kJ/mol	S°_{298} J/(mol · K)	ΔG°_{298} kJ/mol
SO_3 (g.)	— 395.8	256.7	— 371.2
$SiCl_4$ (lq.)	— 687.8	239.7	—
SiH_4 (g.)	34.7	204.6	— 57.2
SiO_2 (क्वार्ट्स)	— 910.9	41.8	— 856.7
SnO (c.)	— 286.0	56.5	— 256.9
SnO_2 (c.)	— 580.8	52.3	— 519.3
Ti (c.)	0	30.6	0
$TiCl_4$ (lq.)	— 804.2	252.4	— 737.4
TiO_2 (c.)	— 943.9	50.3	— 888.6
WO_3 (c.	— 842.7	75.9	— 763.9
ZnO (c.)	— 350.6	43.6	— 320.7

सारणी 6

25 °C पर जलीय विलयनों में कुछ दुर्बल विद्युत अपघट्यों के वियोजन स्थिरांक

विद्युत अपघट्य	K	pK = — log K
ऐसीटिक अम्ल CH_3COOH	1.8×10^{-5}	4.75
अमोनियम हाइड्रोक्साइड NH_4OH	1.8×10^{-5}	4.75
बोरिक अम्ल (आर्थो) H_3BO_3, K_1	5.8×10^{-10}	9.24
फोरमिक अम्ल HCOOH	1.8×10^{-4}	3.74
हाइड्रोजोइक अम्ल HN_3	2.6×10^{-5}	4.59
हाइड्रोब्रोमस अम्ल HOBr	2.1×10^{-9}	8.68
नाइट्रस अम्ल HNO_2	4×10^{-4}	3.40
सिलिसिक अम्ल H_2SiO_3, K_1	2.2×10^{-10}	9.66
K_2	1.6×10^{-12}	11.80

विद्युत अपघट्य	K	pK = — log K
हाइड्रोजन परआक्साइड H_2O_2 K_1	2.6×10^{-12}	11.58
हाइड्रोजन सिलेनाइड H_2Sc, K_1	1.7×10^{-4}	3.77
K_2	1×10^{-11}	11.0
सल्फ्यूरिक अम्ल H_2SO_4, K_2	1.2×10^{-2}	1.92
सल्फ्यूरिक अम्ल H_2SO_3, K_1	1.6×10^{-2}	1.80
K_2	6.3×10^{-8}	7.21
हाइड्रोजन सल्फाइड H_2S, K_1	6×10^{-8}	7.22
K_2	1×10^{-14}	14.0
टैल्यूराइड अम्ल H_2TeO_3, K_1	3×10^{-3}	2.5
K_2	2×10^{-8}	7.7
हाइड्रोजन टेलुराइड H_2TeO_3, K_1	1×10^{-3}	3.0
K_2	1×10^{-11}	11.0
कार्बोनिक अम्ल H_2CO_3, K_1	4.5×10^{-7}	6.35
K_2	4.7×10^{-11}	10.33
क्लोरोऐसीटिक अम्ल $CH_2ClCOOH$	1.4×10^{-3}	2.85
हाइपोक्लोरस अम्ल HOCl	5.0×10^{-8}	7.30
सिलेनस अम्ल H_2SeO_3, K_1	3.5×10^{-3}	2.46
K_2	5×10^{-8}	7.3
फोस्फोरिक अम्ल H_3PO_4, K_1	$7.5 \times 10^{3-}$	2.12
K_2	6.3×10^{-8}	7.20
K_3	1.3×10^{-12}	11.89
हाइड्रोजन फ्लुओराइट HF	6.6×10^{-4}	3.18
हाइड्रोजन सायनाइड HCN	7.9×10^{-10}	9.10
ओक्सालिक अम्ल $H_2C_2O_4$, K_1	5.4×10^{-2}	1.27
K_2	5.4×10^{-5}	4.27

सारणी 7

विचलन के विभिन्न आयनी बलों पर आयनों के सक्रियता गुणांक f

विलयन का आयनी बल	आयन z का आवेश		
	±1	±2	±3
0.001	0.98	0.78	0.73
0.002	0.97	0.74	0.66
0.005	0.95	0.66	0.55
0.01	0.92	0.60	0.47
0.02	0.90	0.53	0.37
0.05	0.84	0.50	0.21
0.1	0.81	0.44	0.16
0.2	0.80	0.41	0.14
0.3	0.81	0.42	0.14
0.4	0.82	0.45	0.17
0.5	0.84	0.50	0.21

सारणी 8

$25^\circ C$ पर कम विलयशील अपघट्यों के विलेयता गुणनफल K_{sp}

विद्युत अपघटय	K_{sp}	विद्युत अपघटय	K_{sp}
AgBr	6×10^{-13}	$CaCO_3$	5×10^{-9}
AgCl	1.8×10^{-10}	CaC_2O_4	2×10^{-9}
Ag_2CrO_4	4×10^{-12}	CaF_2	4×10^{-11}
AgI	1.1×10^{-16}	$CaSO_4$	1.3×10^{-4}
Ag_2S	6×10^{-50}	$Ca_3(PO_4)_2$	1×10^{-29}
Ag_2SO_4	2×10^{-5}	$Cd(OH)_2$	2×10^{-14}
$BaCO_3$	5×10^{-9}	CdS	7.9×10^{-27}
$BaCrO_4$	1.6×10^{-10}	$Cu(OH)_2$	2.2×10^{-20}
$BaSO_4$	1.1×10^{-10}	CuS	6×10^{-36}

विद्युत अपघट्य	K_{sp}	विद्युत अपघट्य	K_{sp}
$Fe(OH)_2$	1×10^{-15}	$PbCrO_4$	1.8×10^{-14}
$Fe(OH)_3$	3.8×10^{-38}	PbI_2	8.0×10^{-9}
FeS	5×10^{-18}	PbS	1×10^{-27}
HgS	1.6×10^{-52}	$PbSO_4$	1.6×10^{-8}
MnS	2.5×10^{-10}	$SrSO_4$	3.2×10^{-7}
$PbBr_2$	9.1×10^{-6}	$Zn(OH)_2$	1×10^{-17}
$PbCl_2$	2×10^{-5}	ZnS	1.6×10^{-24}

सारणी 9

25° C पर जलीय विलयनों में मानक इलेक्ट्रोड विभव φ°

तत्व	इलेक्ट्रोड प्रक्रम	φ°, v
Ag	$[Ag(CN)_2]^- + \bar{e} = Ag + 2CN^-$	—0.29
	$Ag^+ + \bar{e} = Ag$	0.80
Al	$AlO_2^- + 2H_2O + 3\bar{e} = Al + 4OH^-$	—2.35
	$Al^{3+} + 3\bar{e} = Al$	—1.66
Au	$[Au(CM)_2]^- + \bar{e} = Au + 2CN^-$	—0.61
	$Au^{3+} + 3\bar{e} = Au$	1.50
	$Au^+ + \bar{e} = Au$	1.69
Ba	$Ba^{2+} + 2\bar{e} = Ba$	—2.90
Bi	$Bi^{3+} + 3\bar{e} = Bi$	0.21
Br	$Br_2(lq.) + 2\bar{e} = 2Br^-$	1.07
	$HOBr + H^+ + 2\bar{e} \times Br^- = H_2O$	1.34
Ca	$Ca^{2+} + 2\bar{e} = Ca$	—2.87
Cd	$Cd^{2+} + 2\bar{e} = Cd$	—0.40
Cl	$Cl_2 + 2\bar{e} = 2Cl^-$	1.36
	$HOCl + H^+ + 2\bar{e} = Cl^- + H_2O$	1.49
Co	$Co^{2+} + 2\bar{e} = Co$	—0.28
	$Co^{3+} + \bar{e} = Co^{2+}$	1.81

तत्व	इलेक्ट्रोड प्रक्रम	φ°, v
Cr	$Cr^{3+} + 3\bar{e} = Cr$	—0.74
	$CrO_4^{2-} + 4H_2O + 3\bar{e} = Cr(OH)_3 + 5OH^-$	—0.13
	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6\bar{e} = 2Cr^{3+} + 7H_2O$	1.33
Cu	$[Cu(CN)_2]^- + \bar{e} = Cu + 2CN^-$	—0.43
	$Cu^{2+} + \bar{e} = Cu^+$	0.15
	$Cu^{2+} + 2\bar{e} = Cu$	0.34
	$Cu^+ + \bar{e} = Cu$	0.52
F	$F_2 + 2\bar{e} = 2F^-$	2.87
Fe	$Fe^{2+} + 2\bar{e} = Fe$	—0.44
	$Fe^{3+} + 3\bar{e} = Fe$	—0.04
	$[Fe(CN)_6]^{3-} + \bar{e} = [Fe(CN)_6]^{4-}$	0.36
	$Fe^{3+} + \bar{e} = Fe^{2+}$	0.77
H	$H_2 + 2\bar{e} = 2H^-$	—2.25
	$2H^+ + 2\bar{e} = H_2$	0.000
Hg	$Hg_2^{2+} + 2\bar{e} = 2Hg$	0.79
	$Hg^{2+} + 2\bar{e} = Hg$	0.85
	$2Hg^{2+} + 2\bar{e} = Hg_2^{2+}$	0.92
I	I_2 (क.) $+ 2\bar{e} = 2I^-$	0.54
	$2IO_3^- + 12H^+ + 10\bar{e} = I_2$ (क.) $+ 6H_2O$	1.19
	$2HOI + 2H^+ + 2\bar{e} = I_2$ (क.) $+ 2H_2O$	1.45
K	$K^+ + \bar{e} = K$	— 2.92
Li	$Li^+ + \bar{e} = Li$	— 3.04
Ng	$Mg^{2+} + 2\bar{e} = Mg$	— 2.36
Nn	$MnO_4^- + \bar{e} = MnO_4^{2-}$	0.56
	$MnO_4^- + 2H_2O + 3\bar{e} = MnO_2 + 4OH^-$	0.60
	$MnO_2 + 4H^+ + 2\bar{e} = Mn^{2+} + 2H_2O$	1.23
	$MnO_4^- + 8H^+ + 5\bar{e} = Mn^{2+} + 4H_2O$	1.51
Na	$Na^+ + \bar{e} = Na$	—2.71
Ni	$Ni^{2+} + 2\bar{e} = Ni$	—0.25
O	$O_2 + 2H_2O + 4\bar{e} = 4OH^-$	0.40
	$O_2 + 2H^+ + 2\bar{e} = H_2O_2$	0.68
	$O_2 + 4H^+ + 4\bar{e} = 2H_2O$	1.23
	$H_2O_2 + 2H^+ + 2\bar{e} = 2H_2O$	1.78

तत्व	इलैक्ट्रोड प्रक्रम	φ°, v
P	$H_3PO_4 + 2H^+ + 2\bar{e} = H_3PO_3 + H_2O$	— 0.28
Pb	$Pb^{2+} + 2\bar{e} = Pb$	— 0.13
	$Pb^{4+} + 2\bar{e} = Pb^{2+}$	1.69
Pt	$Pt^{2+} + 2\bar{e} = Pt$	1.19
S	$S + 2H^+ + 2\bar{e} = H_2S$	0.17
	$S_2O_8^{2-} + 2\bar{e} = 2SO_4^{2-}$	2.01
Se	$Se + 2H^+ + 2\bar{e} = H_2Se$	— 0.40
Sn	$Sn^{2+} + 2\bar{e} = Sn$	— 0.14
	$Sn^{4+} + 2\bar{e} = Sn^{2+}$	0.15
Te	$Te + 2H^+ + 2\bar{e} = H_2Te$	— 0.72
Zn	$ZnO_2^{2-} + 2H_2O + 2\bar{e} = Zn + 4OH^-$	— 1.22
	$Zn^{2+} + 2\bar{e} = Zn$	— 0.76

सारणी 10

25° C पर जलीय विलयनों में कुछ मिश्रित आयनों के अस्थायित्व स्थिरांक

मिश्रित आयन के वियोजन का आरेख	अस्थायित्व स्थिरांक
$[Ag(NH_3)_2]^+ \rightleftharpoons Ag^+ + 2NH_3$	9.3×10^{-8}
$[Ag(NO_2)_2]^- \rightleftharpoons Ag^+ + 2NO_2^-$	1.8×10^{-3}
$[Ag(S_2O_3)_2]^{3-} \rightleftharpoons Ag^+ + 2S_2O_3^{2-}$	1.1×10^{-13}
$[Ag(CN)_2]^- \rightleftharpoons Ag^+ + 2CN^-$	1.1×10^{-21}
$[HgCl_4]^{2-} \rightleftharpoons Hg^{2+} + 4Cl^-$	8.5×10^{-16}
$[HgBr_4]^{2-} \rightleftharpoons Hg^{2+} + 4Br^-$	1.0×10^{-21}
$[HgI_4]^{2-} \rightleftharpoons Hg^{2+} + 4I^-$	1.5×10^{-30}
$[Hg(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Hg^{2+} + 4CN^-$	4.0×10^{-42}
$[Cd(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4NH_3$	7.6×10^{-8}
$[Cd(CN)_4]^{2-} \rightleftharpoons Cd^{2+} + 4CN^-$	7.8×10^{-18}
$[Cu(NH_3)_4]^{2+} \rightleftharpoons Cu^{2+} + 4NH_3$	2.1×10^{-13}
$[Cu(CN)_4]^{3-} \rightleftharpoons Cu^+ + 4CN^-$	5.0×10^{-31}
$[Ni(NH_3)_6]^{2+} \rightleftharpoons Ni^{2+} + 6NH_3$	1.9×10^{-9}

प्रश्नों के उत्तर

अध्याय 1

1. 9.01 g/mol
2. 127 g/mol
3. 10 l
4. 108 g/mol और 16.0 g/mol
5. 137.4; Va
6. 15.0 g/mol; 24.9 g/mol
7. 79.9 g/mol; 9.0 g/mol
9. 56.0 g/mol; 3.36 l
10. 24.2 g/mol; 16.2 g/mol
11. 1.74 g
12. 32.6 g/mol
13. 1 : 2
16. 49.0 g/mol
17. 79.0 g/mol; 58.4 g/mol
18. 11.2 l/mol
19. a
20. b
21. a
22. c
23. c
24. a
25. c
26. a
27. b
28. 746 ml
29. 303.9 kPa
30. 273 डिग्री पर
31. 4.8 l
32. 82.3 kPa
33. 839 ml
34. 106.3 kPa
35. 1.8 m^3
36. 114°C
37. 444 ml
38. 39.4 g/mol
39. a; b
40. b; c
41. 100.8 kPa
42. $pH_2 = 26.7$ kPa; $pCH_4 = 80.0$ kPa
43. 34.0% NO; 66.0% CO
44. 100 kPa; 17.2% CO_2, 47.3% O_2, 35.5% CH_4
45. $pCH_4 = 36$ kPa, $pH_2 = 42$ kPa, $pCO = 13.6$ kPa
46. 6.8 l
47. 20.0 g/mol
48. 215 ml, 0.019 g
49. 24.3
50. b
51. b

52. b
54. $1.06 \cdot 10^{-22}$ g
56. $2.69 \cdot 10^{19}$
57. 1 l
59. 1 : 16 : 2
61. $8 \cdot 10^{18}$
62. 0.168 g; 1.23 kg; 1.456 kg
63. 43 l
64. 33.6 l
65. 44.6 mol
66. 54.8 kPa (411 mm Hg)
68. 8 l
69. परिवर्तित नहीं होता
70. 44% O_2, 56% H_2
71. 58% SO_3; 35.5% O_2; 6.5% SO_2
72. परिवर्तित नहीं हुआ ; 60% Cl_2, 30% HCl, 10% H_2
74. 0.54 m^3
75. N_2O
76. a
77. a
78. b
79. b
80. **26.0** g/mol
81. 64.0 g/mol
82. 28 g/mol; $4.65 \cdot 10^{-23}$ g
83. 47 g/mol; 1.62
84. 28.0
85. 34.0
86. एक परमाणु से
87. आठ परमाणुओं से
88. 58 g/mol
89. **58.0**
90. 820 l
91. 9.94 g
92. 125 kPa
93. 1 Kg
94. c
95. a
96. b
97. b
98. b
99. Na_2CO_3
100. COH_4N_2
101. V_2O_5
102. $K_2Cr_2O_7$
103. $BaCl_2 \cdot 2H_2O$
104. $C_4H_8O_2$
105. $C_{10}H_8$
106. C_6H_{14}
107. C_2N_2
108. B_2N_6
109. a) 138.5 g; b) 350 g; c) 219g
111. 1315 Kg
112. क्षारीय
113. 28.7 g AgCl
114. 94.6%
115. 0.08 mol $Fe(OH)_3$ 0.12 mol $FeCl_3$ बाकी बचा
116. 33.6 l
117. 0.28 m^3
118. 292.5 g
119. 2 mol SO_2 और 11 mol O_2
120. 10.7 g NH_4Cl, 0.6 g NH_3
121. 5.0 m^3
122. 11.2 m^3
123. 13.9 т
124. 2.3 g
125. 38 g.
126. 17.3% Al

127. 79.6%
128. 1.36%
129. 58.3 l
130. 49.2% Mg, 50.8% Al
131. 0.117 g
132. b
133. b
134. a
135. b
136. a
137. c

अध्याय 2

162. a; b; d
163. b; c
164. a
165. b; c
166. c
167. c
168. c
169. b
170. b
171. c, d

अध्याय 3

172. 5; 7
173. 32
174. a) 3 d ⟶ 4 p ⟶ 5S;
b) 4 d ⟶ 5 p ⟶ 6S;
c) 4 f ⟶ 5 d ⟶ 6 p ⟶ 7S
175. a) 47 (Ag); b) 31 (Ga)
176. 4 d
177. Ce; Yb
178. 6S; 6 p
179. a) 5; b) 2; c) 0
182. a) 1; b) 2; c) 3; d) 6;
e) 0; f) 7
185 a) 52; b) 24
186. Fe
188. IV और V
198. d
199. a2
200, b
201. a2
202. b, क्योंकि a1, a3, c3, d2
203. Cr.
204. $^{31}_{15}P$
205. Ta
206. 35.49
207. 24.32
208. 1 : 1.78
209. 25 mg
210. 1.56%
211. 18 g
217. $^{206}_{82}Pb$
219. b
220. b, c, d
221. c
222. c
223. c
224. a2

अध्याय 4

245. b2
246. a3.5
247. b2
248. b2
249. b, c, e
250. d
251. $6.03 \cdot 10^{-11}$ m

252. 6.41×10^{-30} kl · m=1.9 D,

253. 0.038 और 0.020 NM

262. b2

263. b2

264. a3

272. d

273. a2

274. a2

275. b3

अध्याय 5

280. $\Delta H^{\circ} = -100.3$ kJ/mol

281. 60.5 kJ

282. 5.3 kJ/mol

283. — 4137.5 kJ/mol

284. — 238.6 kJ/mol

285. — 162.1 kJ/mol

286. 296.5 l

287. 1312 kJ

288. C_2H_2 के दहन पर गुना अधिक

289. — 598.7 kJ

290. 52.4 kJ/mol

291. a) 96.8 kJ; b) 490.7 kJ; c) — 26.8 kJ

292. 0.086 g

293. — 1113 kJ/mol

294. 23.0 kJ

295. a) — 1423 kJ; b) — 3301 kJ

296. a) — 443.2 kJ; b) — 365.6 kJ

297. a) — 69.2 kJ; b) — 2803 kJ

303. $\Delta S < 0$, $\Delta G < 0$, $\Delta H < 0$; तापमान की वृद्धि से ΔG बढ़ता है।

305. a) 22.5 kJ; b) — 59.2 kJ; c) — 3285 kJ

307. (b) और (c)

308. 129.1 kJ; 50.7 kJ; — 114.0 kJ; लगभग 1080 k

309. a) 47.1 kJ; b) !07,2 kJ; c) — 13.0 kJ

310. CaO के अतिरिक्त बाकी सभी

311. NiO, SnO_2

312. b

313. c

315. b; c; e

316. a

317. b

318. a

319. b

320. a

321. a

322. 0.1 l/(mol · min)

323. दो गुना बढ़ जाता है।

324. 16 गुना

325. a) नहीं; b) हां

326. $[A]_0 = 0.042$ mol/l; $[C]_0 = 0.014$ mol/l

327. 12 गुना

328. $v_1 = 3 \times 10^{-5}$; $v_2 = 7.2 \times 10^{-6}$

329. a) 27 गुना बढ़ जाता है। b) 27 गुना बढ़ जाता है। c) 9 गुना बढ़ जाता है।

330. $v_2/v_1 = 4.77$

331. 2.5

332. 8 गुना

333. a) 9.8 s; b) 162 घ० 46 मि०

337. 5 गुना

338. 49.9 kJ/mol

339. 80.3 kJ/mol

340. 1.14 गुना

347. 75 kPa

348. a) 83.3%; b) 9 : 1

349. a) $[N_2]_0 = 5$ mol/l; $[H_2]_0 =$ $= 15$ mol/l; b) बायीं ओर; c) दायीं ओर

350. $[CO] = 0.04$ mol/l; $[CO_2] =$ $= 0,02$ mol/l

351. $[H_2]_0 = 0.07$ mol/l; $[I_2]_0 =$ $= 0.05$ mol/l

352. 0.192; $[NO_2]_0 = 0.03$ mol/l

353. 49.6% H_2, 29.6% Br_2, 20.8% HBr

354. 62.5%

355. $[A]_0 = 0.22$ mol/l; $[C]_0 =$ 0.07 mol/l

356. 0.16

357. $[AC]_0 = 0.03$ mol/l; 66.7%

358. 50%; 83.3%; 90.9%

363. बायीं ओर; $\Delta H^\circ < 0$

364. a) 1.1×10^5; 0.91;
b) 7.5×10^{-22}; 1.4;
c) 7.4×10^5; 3.0×10^{-6}

365. 319 K

366. 885 K

367. K = 25.4;
[A] = [B] = 0.22 mol/l;
[AB] = 0.78 mol/l

370. b

371. a; d

372. b; d

373. b

374. b

375. a

376. b

377. b

378. b; d

379. b; d

380. a

381. c; d

382. b

383. a

384. b; d

385. b

अध्याय 6

386. 12.5%

388. 430 g

388. 1.83 g/ml

389. 66.7%

390. 26.5%

391. 150 g

392. 1107 g

393. 5 kg

394. 33.6%

395. 8.6%

396. 342 ml

397. 12%

398. 2.49 l

399. 20%

400. 28.7 mol

401. 3.90 kg

402. 1.88 mol

403. 6.4%

404. 175 g

405. 234.6 g

406. 850 g

407. 6.9 l

408. 57.1 g

409. 5.1 g

410. 6.63 g

411. 0.25 N

412. 11.7 mol/l

413. 0.333 l; 2 l

414. 53.3%; 6.22 mol/kg
415. 6.9 ml
416. 75 ml
417. 187.5 ml
418. 10.4 ml
419. 7.94 mol/l; 10.6 mol/kg
420. 28.3%
421. 0.905; 0.095
422. a) 40.0%; 95 mol/l; c) 11.9 mol/kg; d) 0.176; 0.824
423. a) 3.38 N; b) 1.69 mol/l; c) 1.80 mol/kg
424. a) 93.2 g/l; b) 0.27 mol/l; c) 0.29 mol/kg
425. 114 g
426. 125 ml
427. 1.90 l
428. 62.5 ml
429. 163.5 ml
430. 7.52 N; 30.2%
431. 11.8 N
432. 183 ml
433. 1 : 3.75
434. 0.25 l
435. 10 g
436. 10 g
437. 0.3 N; 24 ml
438. 45 g/mol
439. 40 g/mol
440. 594 ml; 891 ml
441. 10 N
442. 50 g
443. 10.8 g
444. नहीं
445. 48.5 g
446. 8.55 l.
447. 33.2%
448. 760 kPa
449. 35% O_2
450. 90% N_2O, 10% NO
451. 483 kPa
452. — 42.2 kJ/mol
453. — 75.6 kJ/mol
454. 8.9 k पर
455. — 77.7 kJ/mol
456. 8.1 K पर
457. 1.24 MPa
458. 311 kPa
459. 9.0 g
460. 1.14 MPa
461. 4.95×10^4
462. 426 kPa
463. 92
464. 0.001 mol
465. 4.1 kPa
466. 24.8 kPa
467. 98 kPa
468. 54 Pa पर
469. 55.7 g
470. 0.26 डिग्री पर
471. 101° C
472. -27° C
473. a) 18.4 g; b) 65.8 g
474. 2 : 1
475. -8° C के लगभग
476. 32
477. 145
478. आठ परमाणुओं से
479. $C_6H_6O_4$
480. 32; 13.4 MPa

481. a) 311.7 kPa; b) —0.25° C; c) 100.7° C; d) 2.33 kPa

482. a; c

483. c

484. b

485. b

486. a

487. c

488. b

489. c

490. a

491. a

492. b

493. a

अध्याय 7

494. 0.24 mol Na_2SO_4, 0.02 mol NaCl, 0.64 mol KCl

495. 0.055

496. 5×10^{-4}

497. $K = 1.8 \times 10^{-4}$; $pK = 3.75$

498. 4.5×10^{-7}

499. 0.01 mol/l

500. 2.3 mol/l

501. 900 ml

502. 6×10^{-3} mol/l

503. 0.014 mol/l

504. $[H^+] = [HSe]^- = 2.9 \times 10^{-3}$ mol/l; $[Se^{2-}] = 10^{-11}$ mol/l

505. 167 गुना

501. 1.8×10^{-4} mol/l

507. तृतीय चरण के लिये

508. 1.86

509. 0.7

510. 0.9

511. 0.75

512. 0.75

513. 0.04

514. 434 kPa

515. a

516. b

517. c

518. c

519. c

520. a

521. $a_{K^+} = 0.0164$ mol/l
$a_{SO_4^{2-}} = 0.0045$ mol/l

522. $a_{Ba^{2+}} = 7.8 \times 10^{-4}$ mol/l
$a_{Cl^-} = 1.9 \times 10^{-3}$ mol/l

523. 0.95

524. $I = 0.06$;
$a_{Ca^{2+}} = 6.4 \times 10^{-3}$ mol/l
$a_{Cl^-} = a_{NO_3^-} = 1.5 \times 10^{-2}$ mol/l

525. $I = 0.0144$;
$a_{Ba^{2+}} = 2.8 \times 10^{-3}$ mol/l
$a_{Cl^-} = 8.4 \times 10^{-3}$ mol/l

526. $a_{H^+} = 3.2 \times 10^{-3}$ mol/l

527. $f_{Cl^-} = 0.99$
$f_{SO_4^{2-}} = 0.95$; $f_{PO_4^{3-}} = 0.90$;
$f_{[Fe(CN)_6]^{4-}} = 0.83$

528. a) 10^{-10} mol/;
b) 3.12×10^{-9} mol/l;
c) 1.35×10^{-4} mol/l

529. a) 10^{-11} mol/l;
b) 1.54×10^{-7} mol/l;
c) 7.14×10^{-3} mol/l

530. a) 6.70; b) 2.09; c) 9.57

531. a) 10.66; b) 8.70; c) 5.97
532. 3.38
533. 11.40
534. 1.5 गुना
535. $[H^+] = 6.3 \times 10^{-7}$ mol/l; $[OH^-] = 1.6 \times 10^{-8}$ mol/l
536. a) 10.78; b) 5.05; c) 2.52; d) 3.38
537. 2.2×10^{-6} mol/l
538. $a_{OH^-} = 0.16$ mol/l; $pa_{OH^-} = 0.80$
539. 2.35
540. $[H^+] = 6.0 \times 10^{-3}$ mol/l; $[OH^-] = 1.7 \times 10^{-12}$ mol/l; pOH = 11.78
541. 0.82
542. 4.75
543. a) 0.3 बढ़ जाता है; b) 0.15 बढ़ जाता है; c) परिवर्तित नहीं होता
544. b; c
545. a
546. b
547. c
548. b
549. c
550. b
551. 4.8×10^{-9}
552. 9.2×10^{-6}
553. 4×10^{-12}
554. 8×10^{-9}
555. 7.1×10^{-4} g
556. 8.36×10^{-5} g
557. 408 l
558. 1.6×10^{11} l
559. 32500 गुना
560. हां
561. हां
562. हां
563. 2230 गुना
564. a) 2.15×10^{-4} mol/l; b) 1.4×10^{-5} mol/l; 15.4 गुना
565. 72 गुना
566. a
567. b
568. a
569. c
570. a
571. a
579. $Kr = 1.5 \times 10^{-11}$; $h = 3.9 \times 10^{-5}$; pH = 7.50
580. $Kr = 5.6 \times 10^{-10}$; $h = 2.4 \times 10^{-4}$; pH = 5.63
581. 11.66
582. 0.1 M विलयन में $h = 1.12 \times 10^{-2}$, pH = 11.05; 0.001 M विलयन में h-0.107, pH-10.03
583. 9.15 (25° C); 9.65 (60° C)
584. 10^{-7}
586. नारंगी रंग का
590. b
591. a
592. a
593. c
594. c
595. a2
596. b; d; f; g

अध्याय 8

604. b; c; e

605. a; d; e

606. a

607. a; b; d

630. a) 49.03 g/mol;
b) 49.03 g/mol;
c) 12.26 g/mol

631. 94.8 g/mol; 6.2 g/mol;
17.0 g/mol

632. a) $^1/_3$ mol; 46,2 g/mol;
b) 1.7 mol; 19.8 g/mol;
c) $^1/_8$ mol; 17.3 g/mol

633. a) 6; b) 5

634. 0.134 g

635. 0.304 g

636. 0.76 g I_2; 0.134 l NO

637. 2.46 N

638. 16.3 g

640. a) Mg से Pb की ओर;
b) Pb से Cu की ओर;
c) Cu से Ag की ओर

641. 0.80 V

642. — 0.126 V

643. — 2.39 V; — 2.42 V;
— 2.45 V

644. 0.41 V; — 0.21 V; — 0.63 V

645. 0.01 mol/l

646. — 0.28 V

648. हां

649. 0.1 mol/l

651. 0.71 V

652. 7.6

653. 0.044

655. a

656. d

657. c

658. a

659. b; c

660. b

661. a, b, c — सीधी दिशा में

662. b; c; d

663. a) नहीं; b) हां

664. a) 2×10^{37}; b) 2.2

665. a) $K \approx 1.6 \times 10^{12}$;
b) $K \approx 8.6 \times 10^{15}$

666. a) नहीं, $K = 3.6 : 10^{-15}$
b) हां, $K = 5.5 \times 10^{10}$

667. c; d; f

688. a; e

669. a

670. a; b; d

671. c

672. c

673. c

674. a

681. Ag, Cu, Ni

682. Ag, Bi, Pb, Fe

687. 1.60 g

688. 12 g

689. 53.6 घंटे

690. 4×10^9 kl

691. 627 ml

692. 1.25 l

693. a) 1.93×10^5 kl b) 2.41×10kl

694. 6.19 घंटे

695. 23.7 g

696. 48.8 g/mol

697. 56.2 g/mol

698. 114.8

699. a

700. c

701. b

702. a

703. b

704. d

अध्याय 9

708. 40 ml

719. 9.3×10^{-9} mol/l

720. 7.8×10^{-15} mol/l

721. 5.9×10^{-11} g

722. a) नहीं ; b) हां

723. 1.0 mol अधिक

724. $[Ag^+] = 7.4 \times 10^{-9}$ mol/l
1.4 g NaCl से अधिक नहीं

725. a

726. a

727. c

729. a) अनुचुबंकीय; b) प्रतिचुंबकीय

731. 349 kJ $\times$ mol^{-1};
326 kJ $\times$ mol^{-1}

732. नारंगी ; 472 NM

733. रंगहीन ; 376 NM

735. d^2sp^3

736. cp^3

737. d^2cp^3

738. चतुष्फलकीय ; अनुचुंबकीय

739. चतुष्फलकीय

740. समतल वर्ग

741. d^2cp^3

742. a

743. a3; c3; e3; f3

744. a3; c3; d3; e3

745. b2

अध्याय 10

752. 46.2 g

753. 750 g

754. 61.1 g

755. Mg_3Sb_2

756. $MgCu_2$ और MgCu

757. 617.3 g

अध्याय 11

784. 470 kg CaH_2; 1460 kg Zn
और 2190 kg H_2SO_4

790. 2.02%

793. a1; e1

794. b3

795. b2

796 b.

804. 0.12 g/mol

816. 61.2 g

821. g

822. a1; c4; e1.3; f4

828. 1000 ml O_3; 6.44 kJ

847. 9.1

851. 13.44 l

853. 2.08 g $NaHCO_3$

857. 48.92 g; 24.46 g

858. 133.6 g और 66.86 g;
दोनों स्थितियों में आक्सी-करण पर अम्ल की समान मात्रा व्यय होती है।

861. a; c

862. c

863. c1; d3; e1; h3; I1

864. a2.3; d1; e1

865. c2.3

866. c2; d3; e1; f2; h2; I1

872. 197 g और 152 g

874. 7.2 t

876. 67.2 l

882. pH = 8.79; $h = 6.2 \times 10^{-5}$
902. 4 में से और; 2 में से
903. 5.4×10^5 kJ
923. a; b
924. c4
925. a3
926. b3; b4
927. a2
928. a3; b2; d2; e1; f2
929. a; c
930. a
931. a2
937. 215 l
939. 11.16
943. a) 28 l; b) 56 l
947. 5.6 t; 2240 m_3
954. a2
955. b; c
964. 5.75%
965. 23.6% KCl; 76.4% NaCl
967. 4.47 kJ
968. 375 ml
969. 27.8 kJ
983. 49.9%
984. 28.77% Cu, 3.98% Sn,
67.25% Zn
985. a; b
986. c
987. a1; b1; c2
988. c
989. b; c
990. b
991. d
1001. — 744.8 kJ
1013. 1164 kJ
1005. $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
1006. 12.5%
1011. 40.2% $ZnCO_3$; 59.8% ZnO
1012. 2950 kJ
1018. 106 g
1019. 5 m·equal/l
1020. 2 m·equal/l
1021. 144.7 mg
1022. 1.22 g
1023. 8.52 m·equal/l
1024. 0.28 m·equal/l
1026. a; d; f
1027. b; c; d
1028. b
1029. a
1030. a
1031. c
1039. 5.49 g
1042. 16.2 mg पर
1048. 6.26×10^{-5} mol/l
1051. a2
1052. a; c; d
1053. c; d
1054. a
1055. a; c; d
1077. 294.7 g
1081. 67.2 l
1084. 2.63 g; 1.58 g
1092. c
1093. c
1094. b; c
1095. c
1096. a
1099. 29.8%
1106. $\Delta H^\circ = 39.7$ kJ
1115. 0.5173 mol/l

1122. c1

1123. c

1124. c; d

1125. a2

1126. a

1127. b3

पाठकों से

'मीर' प्रकाशन इस पुस्तक के अनुवाद और डिजाइन सम्बन्धी आपके विचारों के लिए आपका अनुगृहीत होगा। आपके अन्य सुझाव प्राप्त करके भी हमें बड़ी प्रसन्नता होगी। कृपया हमें इस पते पर लिखिये :

'मीर' प्रकाशन
पेर्वी रीज्स्की पेरेऊलोक, २
मास्को, सोवियत संघ।